

VIRGINIA THEREZA NALINI

**AVALIAÇÃO CARTOMÉTRICA DA BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL
ADEQUADA À GESTÃO URBANA DERIVADA POR GENERALIZAÇÃO
CARTOGRÁFICA A PARTIR DA ESCALA DE ORIGEM 1:2.000**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Ciências Geodésicas, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra.

Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Firkowski

CURITIBA

2005

AGRADECIMENTOS

Ao Serviço Social Autônomo PARANACIDADE, empresa onde trabalho, pela oportunidade de estudar, incentivo à obtenção do conhecimento e pelo material cartográfico utilizado.

A Universidade Federal do Paraná, nas pessoas de seus professores, funcionários.

Aos meus colegas de mestrado, pela agradável convivência, pelo apoio constante e inestimável.

Ao Jerônimo, por sua disposição em contribuir com este trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, nas pessoas de Evemar, Fabiano e Marise, por sua expressiva cooperação.

Ao professor Henrique Firkowski, por sua deferência ao conduzir o desenvolvimento de meu trabalho e pela oportunidade de acesso aos seus conhecimentos.

À minha mãe, Ely agradeço, o apoio e atenção dispensada à minha família.

A Gabriela, minha filha, pelo incentivo e cumplicidade em todas as horas, a quem dedico este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVO GERAL.....	4
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4 ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DO TEXTO	5
2 CARTOGRAFIA COMO SUBSÍDIO À GESTÃO URBANA.....	6
2.1 PROJETO CARTOGRÁFICO	10
2.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
3 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA.....	19
3.1 PROCESSO MANUAL DE GENERALIZAÇÃO	31
3.2 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA EM AMBIENTE DIGITAL.....	34
3.3 MODELOS CONCEITUAIS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA.....	36
3.4 MODELO DE MCMASTER & SHEA.....	39
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
4 CARACTERÍSTICAS DA BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL URBANA NA ESCALA 1:2.000 DO PARANACIDADE.....	67
5 AVALIAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA URBANA DERIVADA NA ESCALA 1:5.000	74
5.1 AVALIAÇÃO CARTOMÉTRICA	77
5.2 ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO CARTOMÉTRICA.....	79
6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 -	Municípios do Estado do Paraná com áreas urbanas mapeadas e financiadas pelo PARANACIDADE	3
FIGURA 2.1 -	Os processos de Projeto Cartográfico e Abstração Cartográfica	11
FIGURA 2.2 -	Etapas principais num processo de Comunicação de Informação Cartográfica.....	15
FIGURA 3.1 -	Exemplo de operadores de (a) classificação e (b) simplificação	23
FIGURA 3.2 -	Exemplo de operadores de Seleção: (a) elementos lineares, b) elementos pontuais e (c) elementos tipo área.....	25
FIGURA 3.3 -	Exemplo de operadores de (a) simplificação e (b) suavização.....	26
FIGURA 3.4 -	Exemplo de operadores de (a) deslocamento e (b) realce	26
FIGURA 3.5 -	Exemplo de operadores de (a) associação gráfica, (b) abreviatura, (c) agregação e (d) conversão de área	27
FIGURA 3.6 -	Exemplo de operadores de dissolução.....	28
FIGURA 3.7 -	Exemplo de operadores de segmentação.....	28
FIGURA 3.8 -	Exemplo de operadores de (a) conversão em ponto e (b) conversão em linha.....	29
FIGURA 3.9 -	Objetivos Filosóficos	40
FIGURA 3.10 -	Redução de Complexidade.....	41
FIGURA 3.11 -	Exemplos de Manutenção de Acurácia Espacial.....	42
FIGURA 3.12 -	Exemplos de Manutenção de Acurácia de Atributo	43
FIGURA 3.13 -	Avaliação Cartométrica	47
FIGURA 3.14 -	Transformações Espaciais e de Atributos	54
FIGURA 3.15 -	Exemplo de aplicação do operador de simplificação.....	55
FIGURA 3.16 -	Exemplo da aplicação do operador de suavização	56
FIGURA 3.17 -	Exemplo da aplicação do operador de agregação	56
FIGURA 3.18 -	Exemplo da aplicação do operador de amalgamação	57
FIGURA 3.19 -	Exemplo da aplicação do operador de unificação	58
FIGURA 3.20 -	Exemplo da aplicação do operador de colapso	59
FIGURA 3.21 -	Exemplo da aplicação do operador de refinamento	59
FIGURA 3.22 -	Exemplo da aplicação do operador de exagero.....	60
FIGURA 3.23 -	Exemplo da aplicação do operador de realce	61

FIGURA 3.24 - Exemplo da aplicação de operador de deslocamento.....	62
FIGURA 3.25 - Possíveis mudanças de Escala de Medida por meio de Generalização.....	64
FIGURA 5.1 - Recorte de uma Base Cartográfica na escala 1: 2.000.....	75
FIGURA 5.2 - Recorte de uma Base Cartográfica na escala 1: 5.000.....	75
FIGURA 5.3 - Condições Geométricas que demandam Generalização Cartográfica	78
FIGURA 5.4 - Exemplos de congestionamento	79
FIGURA 5.5 - Representação sem o efeito do congestionamento	80
FIGURA 5.6 - Exemplo de coalescência	81
FIGURA 5.7 - Representação sem o efeito da coalescência	82
FIGURA 5.8 - Exemplo de conflito	83
FIGURA 5.9 - Representação sem o efeito de conflito	84
FIGURA 5.10 - Exemplo de complicação ou dificuldade	85
FIGURA 5.11 - Ampliação do exemplo de complicação ou dificuldade	85
FIGURA 5.12 - Representação sem o efeito de complicação ou dificuldade.....	86
FIGURA 5.13 - Exemplo de inconsistência.....	87
FIGURA 5.14 - Representação sem o efeito de inconsistência	88
FIGURA 5.15 - Exemplo de imperceptibilidade	89
FIGURA 5.16 - Representação sem o efeito de imperceptibilidade	90
FIGURA 5.17 - Recorte de uma Base Cartográfica na escala 1:5.000 com a detecção de condições geométricas de generalização	92
FIGURA 5.18 - Recorte de uma Base Cartográfica na escala 1:5.000 com aplicação de operadores de generalização.....	92

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 -	NÚMERO E POPULAÇÃO URBANA DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ COM BASE CARTOGRÁFICA NO ACERVO DO PARANACIDADE, POR FAIXA DE ÁREA URBANA, 2005	2
TABELA 3.1 -	ESTRUTURAÇÃO DOS OPERADORES DE GENERALIZAÇÃO.....	31
TABELA 3.2 -	CARACTERÍSTICAS DAS TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E DE ATRIBUTOS.....	65
TABELA 3.3 -	MODELOS CONCEITUAIS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA ABORDADOS POR McMASTER & SHEA, 1992.	66
TABELA 4.1 -	RECORTE DA TABELA DA CTCG DE CATEGORIAS DE FEIÇÕES CARTOGRÁFICAS NA ESCALA 1:2.000.....	69
TABELA 4.2 -	PARTE DA TABELA DE CONVENÇÕES PARA A CATEGORIA HIDROGRAFIA, NA ESCALA 1:2.000.....	70
TABELA 4.3 -	PARTE DA TABELA DE CONVENÇÕES PARA A CATEGORIA DE RELEVO, NA ESCALA 1:2.000.....	71
TABELA 4.4 -	PARTE DA TABELA DE CONVENÇÕES PARA A CATEGORIA DE VEGETAÇÃO, NA ESCALA 1:2.000	72

RESUMO

Neste trabalho abordam-se questões de generalização cartográfica que afetam os produtos cartográficos do acervo do PARANACIDADE. Os problemas encontrados estão diretamente ligados à produção de mapas em escala menor 1:5.000 a partir de bases de dados originais em escala 1:2.000. Quando se produz um mapa derivado com uma escala menor do que a do mapa original este novo mapa poderá apresentar problemas de ordem geométrica e de ordem semântica. As condições geométricas, que podem ser detectadas nas feições apresentadas no novo mapa são, dentre outras, o congestionamento, a coalescência e a imperceptibilidade. Portanto, torna-se necessário avaliar e rever a estrutura dos dados dos arquivos do mapa derivado, considerando-se nesta revisão o processo de generalização cartográfica, de modo a adaptá-lo à nova escala de representação. O desenvolvimento deste estudo de caso consistiu na avaliação, por inspeção visual, da carta impressa na escala 1/5.000 e pela detecção de condições geométricas que demandem generalização cartográfica. Para cada problema de comunicação cartográfica que se encontrou aplicou-se um procedimento de generalização. A busca pela melhoria do processo de comunicação dos produtos cartográficos de escala 1:5.000 foi baseada nas necessidades do usuário de planejamento urbano em termos dos elementos visuais representados. Foram avaliados e generalizados fragmentos de cartas já produzidas na escala 1:5.000 e seus resultados discutidos em termos de comunicação cartográfica.

ABSTRACT

This dissertation presents issues related to cartographic generalization that affect PARANACIDADE's cartographic database derived products. The problems are directly to the process of derivation of maps in smaller scale 1:5.000 from the original scale 1:2.000. A derived map produced in smaller scale may be affected by geometric and semantic communication problems. These problems can be congestion, coalescence and imperceptibility. It is necessary to evaluate the derived map in such a way that the produced map conforms a cartographic project. The research presented focuses on the cartographic communication problems detected by visual inspection on the currently 1/5.000 derived map. At each detected communication problem a manual solution was proposed and applied. The reference for evaluating the improvement of the used processes in generalizing was the user requirements in terms of visual presented features. The 1:5.000 scale fragment maps where evaluated and generalized and the results discussed from the cartographic communication point of view.

1 INTRODUÇÃO

Os administradores, técnicos, planejadores, investidores de todos perfis e interessados na análise da dinâmica das cidades demandam mapas em diferentes escalas, conteúdo e forma de apresentação. Estes usuários geralmente utilizam mapas em escalas menores, derivados de mapas básicos. Quando se produz um mapa derivado, com uma escala menor do que a do mapa original podem ocorrer problemas de ordem geométrica e/ou semântica. As condições geométricas, que podem ser detectadas nas feições representadas no novo mapa, podem ser, dentre outras, o congestionamento, a coalescência e a imperceptibilidade. Para minimizar esses problemas, o projeto cartográfico deve abranger o processo de generalização cartográfica. O projeto cartográfico do mapa derivado deve ser executado de forma a garantir o restabelecimento das condições de legibilidade (representatividade) das informações, tanto do ponto de vista quantitativo quanto do ponto de vista qualitativo, uma vez que essas condições influem diretamente na clareza das informações a serem transmitidas pelo documento cartográfico.

O Serviço Social Autônomo PARANACIDADE¹, órgão vinculado à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano – SEDU, dispõe de um acervo cartográfico composto por mapas analógicos e digitais das áreas urbanas do Paraná. O PARANACIDADE, estruturado como pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos e de interesse coletivo, tem como principais finalidades proporcionar assistência técnica e institucional aos municípios paranaenses, desenvolver atividades voltadas à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico e social, bem como captar e aplicar recursos financeiros no processo de desenvolvimento urbano e regional do Estado.

¹ O Instituto de Assistência aos Municípios do Estado do Paraná - FAMEPAR foi extinto por força de lei estadual, e substituído a partir de 30 de julho de 1996 pelo Serviço Social Autônomo PARANACIDADE.

A Coordenadoria de Projetos do PARANACIDADE, responsável pelo desenvolvimento do projeto cartográfico, está comprometida com a busca de excelência na oferta de serviços e produtos e viabiliza recursos para a elaboração de bases cartográficas digitais urbanas na escala 1:2.000. Tendo em vista que também está sob responsabilidade do PARANACIDADE a provisão de materiais cartográficos para os usuários, há a necessidade de avaliar as condições de elaboração dos mapas derivados nas escalas 1:5.000 e/ou 1:10.000.

O Estado do Paraná tem uma área urbana estimada de 5.577 km² com uma população de 7,8 milhões de habitantes, (TABELA 1.1). Atualmente, o acervo cartográfico do PARANACIDADE cobre 3.365 km², correspondente à área urbana de 135 municípios, dos 399 municípios paranaenses que abrigam em suas cidades cerca de 4,5 milhões de habitantes (FIGURA 1.1). Essa área coberta equivale a 61% da área urbana total do Estado, preponderantemente daqueles municípios com as maiores áreas urbanas.

TABELA 1.1 – NÚMERO E POPULAÇÃO URBANA DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ COM BASE CARTOGRÁFICA NO ACERVO DO PARANACIDADE, POR FAIXA DE ÁREA URBANA, 2005

Faixa de Área Urbana (km ²)	Municípios do Estado		Municípios Mapeados pelo PARANACIDADE	
	Quantidade	População Urbana	Quantidade	População Urbana
Até 15,00	327	1.822.548	73	546.967
De 15,01 a 30,00	36	903.654	31	832.622
De 30,01 a 60,00	18	791.572	16	743.223
De 60,01 a 120,00	10	1.034.479	9	975.283
De 120,01 a 240,00	7	1.646.546	6	1.463.150
Acima 240,00	1	1.587.315	-	-
Total	399(≅ 5.577 km ²)	7.786.064	135 (≅ 3.365 km ²)	4.561.245

FONTE: SEDU/PARANACIDADE E CENSO DEMOGRÁFICO / IBGE (2000)

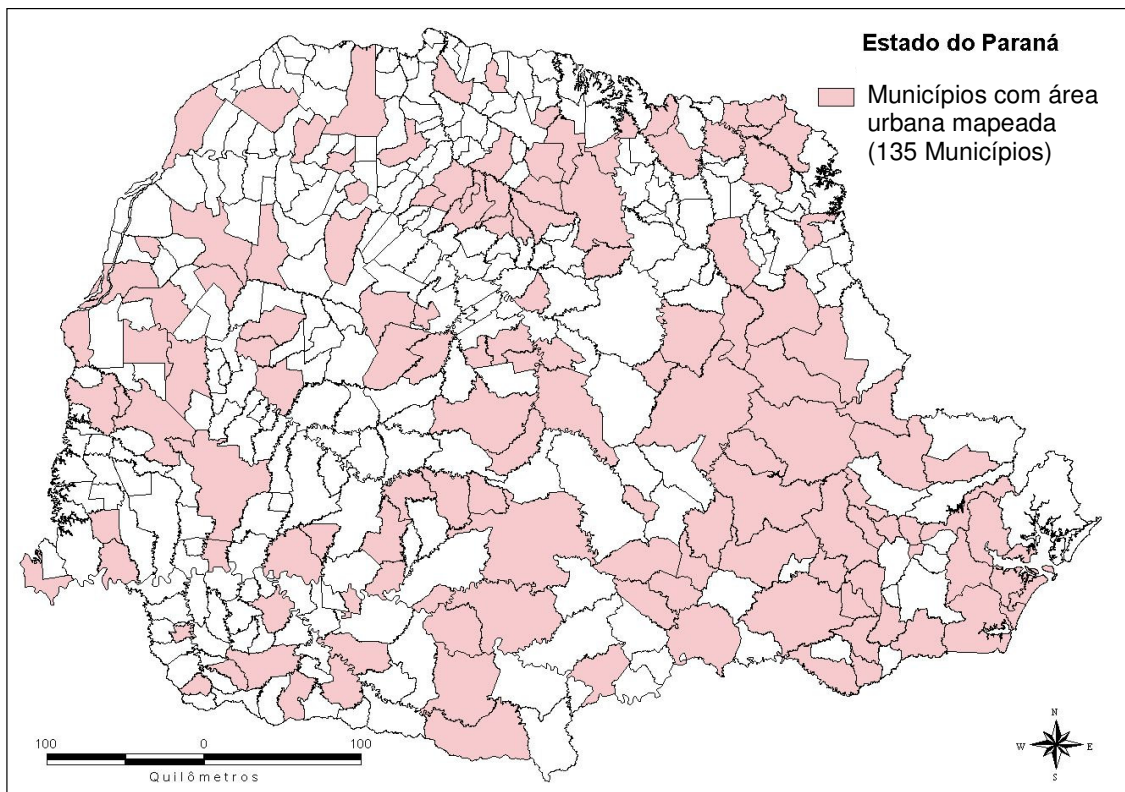


FIGURA 1.1 - Municípios do Estado do Paraná com áreas urbanas mapeadas e financiadas pelo PARANACIDADE

FONTE: SEDU / PARANACIDADE (2005)

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O produto cartográfico na escala 1:2.000, usualmente especificado pelo PARANACIDADE e destinado a dar suporte ao trabalho em gestão urbana, utiliza a padronização das feições e as categorias de informação recomendadas pela Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento do Estado do Paraná - CTCG. A seleção das categorias das feições topográficas, que são representadas nos mapas derivados nas escalas 1:5.000 e 1:10.000, vem se baseando unicamente no conhecimento e experiência dos técnicos que especificam e que utilizam esses produtos. Os produtos cartográficos derivados e especificados atualmente na Coordenação de Projetos do PARANACIDADE não sofrem tratamento de generalização cartográfica.

Robinson et al. (1984) descrevem a generalização cartográfica como um conjunto de modificações aplicadas nos dados de forma a torná-los legíveis e a eliminar os problemas decorrentes da redução de escala. Isto é, as transformações que as representações das feições sofrem devem ser realizadas em função da mudança de escala, do objetivo, do domínio temático do mapa e do grau de importância da informação.

Os mapas derivados existentes, integrantes do acervo do PARANACIDADE, na realidade, podem não atender adequadamente aos propósitos de análise e gestão urbana, por apresentar problemas de excesso ou falta de informações representadas. Este fato pode se traduzir na prática como uma dificuldade na legibilidade e na comunicação cartográfica, posto que não foram adotadas as operações adequadas de derivação de mapas no processo de sua generalização cartográfica.

1.2 OBJETIVO GERAL

Com este trabalho pretende-se avaliar as informações das bases cartográficas derivadas na escala 1:5.000 existentes no acervo do PARANACIDADE, das áreas urbanas dos municípios paranaenses, do ponto de vista da generalização cartográfica, com a finalidade de restituir suas condições de legibilidade e realizar os procedimentos de sua adequação às necessidades dos usuários, em especial os técnicos em gestão urbana.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos neste trabalho são:

- a) Detectar as condições geométricas da base cartográfica derivada existente na escala 1:5.000 que podem demandar generalização cartográfica;
- b) Realizar operações de generalização cartográfica necessária à derivação da base cartográfica na escala 1:5.000 do PARANACIDADE; e,

- c) Representar as informações cartográficas na base cartográfica derivada na escala 1:5.000 após o processo de generalização cartográfica.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DO TEXTO

Esta dissertação está dividida em seis capítulos. O primeiro consiste da presente introdução, onde são definidos o problema, os objetivos e a organização da estrutura do trabalho. No segundo capítulo expõe-se a importância da cartografia como subsídio à gestão urbana, e os conceitos e padrões de classificação de mapas urbanos propostos por Blachut et al. (1979), além da relevância dos projetos cartográficos e de comunicação cartográfica. No terceiro capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica sobre generalização cartográfica e ressalta-se o fato de que não existe unanimidade nos termos empregados para descrever as operações envolvidas no processo, tanto na literatura como entre os profissionais da área de cartografia. Neste capítulo também são abordados os processos manual e em meio digital de generalização cartográfica, assim como apresenta-se alguns modelos conceituais de generalização cartográfica. No quarto capítulo descrevem-se as principais características da base cartográfica urbana digital na escala 1:2.000 do acervo do PARANACIDADE, e a classificação das informações geográficas em categorias. No quinto capítulo realiza-se o estudo de caso da avaliação cartométrica (condições geométricas) das bases cartográficas derivada na escala 1:5.000 existentes no acervo do PARANACIDADE, são detectadas as condições geométricas que demandam o processo de generalização cartográfica e são aplicadas as operações necessárias para minimizar os problemas encontrados. No sexto capítulo são apresentadas às conclusões e feitas algumas recomendações para o desenvolvimento de trabalhos futuros contidas no corpo do trabalho.

2 CARTOGRAFIA COMO SUBSÍDIO À GESTÃO URBANA

No PARANACIDADE, os projetos Institucionais, têm como finalidade viabilizar a assistência técnica e treinamento nas áreas de modernização administrativa e gestão urbana, destinada a suprir as principais carências institucionais e financeiras dos municípios, bem como otimizar a implantação e manutenção de diversos projetos de investimento em infra-estrutura urbana. Com a finalidade de suprir as necessidades de informações confiáveis sobre os municípios, teve início em 1991, no PARANACIDADE o processo de licitação para elaboração de bases cartográficas.

No início deste projeto institucional foram licitadas bases cartográficas, em meio analógico, na escala 1:2.000 e com redução para as escalas 1:5.000 e/ou 1:10.000. A geração do produto final era realizada por processo fotográfico, o que dificultava a atualização e a geração de mapas em diversas escalas. Entretanto, tendo em vista a disponibilidade de tecnologias para automação da execução de cartografia, a adoção destas pelas empresas de aerofotogrametria e a proximidade de seu custo com o da cartografia analógica, iniciou-se no PARANACIDADE, a partir de 1992, a contratação dos serviços de base cartográfica em meio digital.

A disponibilidade de bases cartográficas em meio digital permite a extração de informações referenciadas espacialmente, que individualmente ou agrupadas podem auxiliar na tomada de decisão na elaboração e execução de projetos institucionais e de infra-estrutura. A base cartográfica reproduz o espaço geográfico urbano, que por ser dinâmico altera permanentemente seu uso e ocupação, conseqüentemente permite com eficiência a discussão, planejamento e a gestão das cidades.

A gestão das cidades, efetivada sob os conceitos de planejar, acompanhar e avaliar o crescimento e o desenvolvimento local, incumbência constitucional delegada ao município, particularmente ao Poder Executivo, demanda mapeamento. Na medida em que a maioria das distintas dimensões, em que se pode compartimentar dada realidade, tem condições de ser

representada em vários mapas, entretanto com informações geográficas diferentes, o que fica facilitado com a visualização dos fatos de intervenção localizados exatamente no espaço onde ocorrem. Esta estratégia de utilização de cartografia possibilita a simplificação dos mapas derivados, cujo objetivo num processo de gestão de cidades é a ampla contextualização dos dados espacializados, tornando-os legíveis, mas não menos precisos nas informações. Estes mapas derivados têm como finalidade principal atender aos seguintes projetos institucionais e de infra-estrutura que são financiados pelo PARANACIDADE nas diversas áreas de gestão urbana:

1. Projeto: Planta Genérica de Valores Imobiliários: é um documento cartográfico no qual estão indicados, para cada unidade imobiliária, o valor do metro quadrado do terreno e o valor correspondente ao tipo de edificação, por face de quadra. Este documento é utilizado para o cálculo do valor venal do imóvel para lançamento de tributos municipal, imposto predial e territorial urbano - IPTU e imposto sobre a transmissão de bens e imóveis - ITBI e também, serve de base na previsão de valores para a desapropriação de imóveis;
2. Projeto: Cadastro Técnico Imobiliário e Econômico Urbano: é o conjunto de informações relativa aos imóveis das áreas urbanas do município, apurados e atualizados permanentemente pelas prefeituras. As informações sobre os imóveis são registradas nos BCI - boletim cadastral de informação imobiliária, para cada unidade imobiliária (imóvel), e agrupadas por quadra, setor e distrito, que devem estar representadas em mapas derivados. O Cadastro Técnico Imobiliário e Econômico Urbano, portanto, consiste da planta geral da área urbana, dividida em distritos, setores e quadras que são numeradas em ordem seqüencial, deve ser estabelecido um código numérico a cada nome de logradouro e um código alfanumérico a cada face de quadra.
3. Projeto: Infra Estrutura Urbana: o mapa é composto de sistema viário e urbanização de loteamento. O sistema viário é definido de acordo com a hierarquia das funções das vias de acesso. No sistema viário são

estabelecidas quais vias deverão ser estruturais, conectoras, coletoras, locais, marginais, e de funções especiais, tais como eixos turísticos e ciclovias.

4. Projeto: Pavimentação Pública: mapa do sistema viário para definição do tipo de pavimentação que deverá ser utilizado com base na hierarquização das vias.
5. Projeto: Plano Diretor Municipal: constitui-se num instrumento para planejamento urbano municipal utilizado na tomada de decisão acerca de intervenções a serem executadas pelo poder municipal, de maneira coordenada e articulada. A finalidade principal de um plano diretor, como instrumento legal, é cumprir a premissa constitucional da garantia da função social da cidade e da propriedade urbana. Com o apoio de instrumentos técnicos, dados e informações numéricas e qualitativas relevantes são avaliados os seguintes temas, espacializados em mapas correspondentes: principais condicionantes, deficiências e potencialidades (do ponto de vista ambiental, da infra-estrutura, socioeconômico e da distribuição espacial da população urbana); aspectos ambientais (identificação das condições de clima, geomorfologia, condicionantes geotécnicos, declividades, hipsometria, vertentes da drenagem natural, recursos hídricos, áreas de preservação, caracterização dos espaços potenciais para área de expansão urbana, de conservação permanente, áreas públicas de lazer, assim como locais para arborização pública). Estes são alguns exemplos dos vários mapas temáticos elaborados para um Plano Diretor Municipal.

Como pode ser observado, os produtos cartográficos são usados em diversos projetos do PARANACIDADE. Com o avanço das tecnologias e técnicas computacionais de armazenamento e de apresentação de mapas, algumas mudanças podem ser esperadas em relação à questão geral de conceitos de mapas urbanos. Segundo Blachut et al. (1979) os mapas urbanos podem ser classificados em três categorias:

1. O mapa básico da cidade é elaborado a partir de dados de levantamentos topográficos ou técnicas fotogramétricas, geralmente na escala 1:2.000. Esses mapas são constituídos por informações planimétricas e altimétricas organizadas em níveis de informação. Este mapa deve conter todas informações naturais do terreno e construídas pelo homem. Os mapas básicos das cidades são representados em diversas folhas articuladas. Do ponto de vista do usuário, isso pode ser um inconveniente, porque a divisão da área de estudo em diversas folhas de mapas não é desejável, pois é necessário que o usuário tenha a habilidade de visualizar ou produzir mapas a partir de qualquer ponto da região, independente dos limites entre as folhas.
2. Os mapas derivados são semelhantes, em conteúdo, aos mapas básicos, mas se apresentam geralmente em escalas menores, são derivados do mapa básico e esse processo deve ser baseado nos princípios de generalização cartográfica, para representar as informações de forma menos detalhadas ou com um número reduzido de informações. Quando se reduz a escala do mapa básico para representar a cidade inteira em uma única folha, elabora-se o mapa derivado que é a planta geral da cidade. O mapa derivado é considerado um mapa de informação geral de grande utilidade e é utilizado para planejamento da gestão urbana e elegibilidade de ordem legal, institucional, técnica, ambiental e financeira de vários projetos de desenvolvimento da cidade.
3. Os mapas temáticos, não estão incluídos nos mapas citados nas categorias 1 ou 2, geralmente, são mapas construídos com a finalidade de representar um tema específico, sobre um fundo de referência derivado de um mapa básico e são utilizados para representar as informações qualitativas ou quantitativas do fenômeno em questão.

Independentemente da classificação como categorias de mapa urbano, “básico” ou “derivado”, todo documento cartográfico é um modelo da realidade

terrestre. Os mapas urbanos que compõem o acervo cartográfico do PARANACIDADE são denominados de bases cartográficas e atendem às demandas do usuário, especialista em projetos tributários, planejamento e infra-estrutura urbana. Dentre os projetos citados como potenciais usuários de produtos cartográficos estão aqueles que demandam mapas na escala 1:2.000 e em escalas menores como 1:5.000 e 1:10.000. Neste caso se faz necessário envolver conceitos e procedimentos de generalização cartográfica para obter um produto derivado adequado ao seu propósito.

2.1 PROJETO CARTOGRÁFICO

A atividade de mapeamento, segundo Dent (1985), refere-se à produção de mapas e é definida como o conjunto de todos os processos técnicos de Levantamento de Dados, Projeto Cartográfico, Construção (edição, preparo para impressão, visualização), e Reprodução. Neste conjunto de processos aquele que interessa mais proximamente ao presente trabalho é o projeto cartográfico, especialmente o no que diz respeito à generalização cartográfica.

Um projeto cartográfico para elaboração de uma base cartográfica digital urbana não envolve apenas o tratamento que deve ser dado à representação das informações do mundo real, mas também envolve todo o processo através do qual os mapas são construídos. A fase de produção cartográfica é composta por diferentes métodos de elaboração de mapas. A fotogrametria seja ela convencional ou digital, é o método de levantamento mais utilizado para a produção de mapas em escalas grandes. Os mapas em escalas menores são realizados a partir de sucessivas generalizações. Este processo envolve a abstração e a representação do mundo real (BUTTENFIELD; MARK 1994, citado por PANTALEÃO, 2003).

Dent (1985) denomina de Projeto Cartográfico (*Map Design*), ao conjunto de todos os processos de reflexão que devem ser realizados pelo cartógrafo durante a fase de Abstração do processo cartográfico (FIGURA 2.1). O mesmo autor define Projeto Cartográfico como o uso otimizado de ferramentas para criação das melhores soluções dos problemas encontrados.

Isto é, o autor visualiza a Generalização Cartográfica como um processo de transformação da fase de Abstração Cartográfica e uma ferramenta para gerar mapas, inserida no processo de Projeto Cartográfico, que faz parte da atividade de mapeamento. No contexto do processo de Abstração Cartográfica, o Projeto Cartográfico consiste de todos os planejamentos, avaliações de soluções possíveis e decisões para realizar a transformação de dados não mapeados em representação gráfica para compor o mapa. Este processo envolve as decisões sobre escala, projeção, simbologia, tipografia, cor, dentre outras.

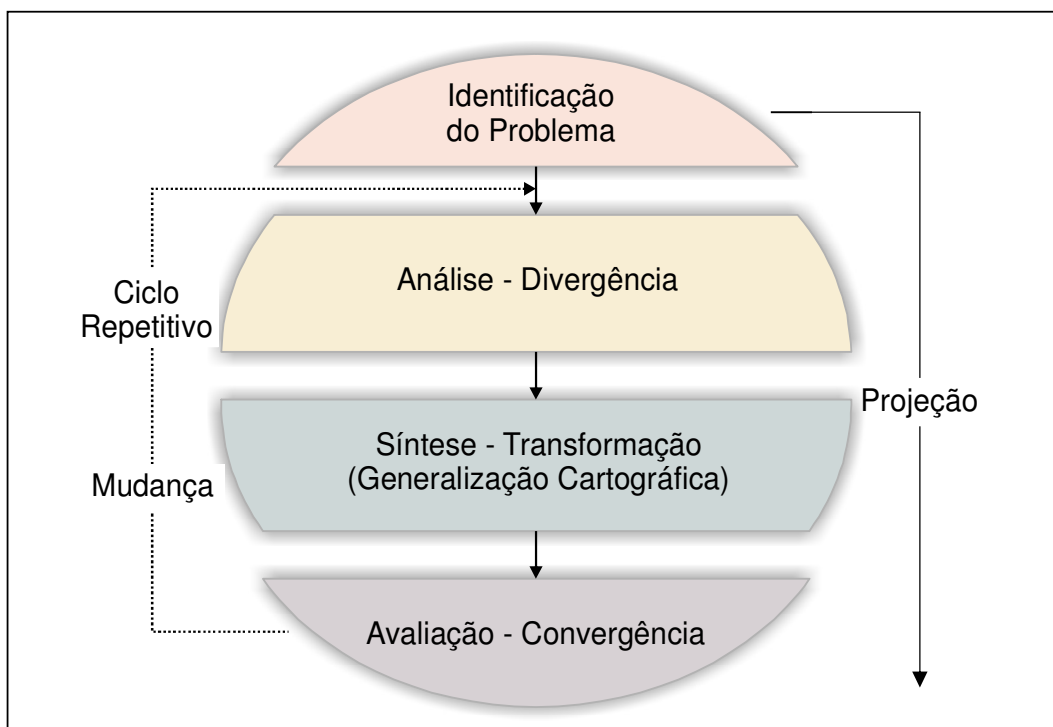


FIGURA 2.1 - Os processos de Projeto Cartográfico e Abstração Cartográfica
FONTE: Adaptado de DENT, (1985)

O Projeto Cartográfico é dividido em quatro estágios essenciais, segundo Dent (1985):

1. **Identificação do Problema:** Neste estágio definem-se as informações que serão representadas, do mundo real (realidade). São identificados as necessidades do usuário e o propósito do mapa, ou seja, a finalidade para que e como o usuário vai utilizar o mapa. Neste estágio deve-se estabelecer as exigências específicas para o

mapa, como: o material fonte que servirá de apoio para a realização deste; a coleta dos dados a utilizar, para avaliar quais temas devem ser representados, ou seja, onde e como serão obtidas as informações que serão representadas; a escala do mapa, em função do menor detalhe que o usuário precisa visualizar. A decisão da escala é fundamental, a qual tem importância financeira e consequências operacionais;

2. Análises e Divergência: neste estágio são elaborados vários modelos intermediários que refletem a visão cognitiva do profissional. Os modelos criados de uma mesma realidade por profissionais diferentes não são os mesmos, pois a visão da realidade reflete também a experiência de cada profissional. É o estágio mais criativo do processo do projeto, onde as idéias preliminares formulam o Mapa Mental ou Modelo da Realidade. Portanto, as análises e discussões são importantes, na busca da solução mais adequada;
3. Síntese e Transformação: neste estágio se dá a modelagem concreta das informações que é realizada entre o modelo mental e o mapa final. Os procedimentos são concretos e podem ser formalizados por meio de regras de construção de modelos. Este estágio é o refinamento do Projeto Cartográfico, todas as idéias preliminares foram avaliadas e podem ser rejeitadas ou posteriormente recuperadas, e as decisões que forem tomadas afetarão o processo inteiro. Os elementos de abstração cartográfica ou as operações de generalização são tratados neste estágio. O processo de generalização cartográfica é operacional, é a manipulação das características geométricas e semânticas das feições cartográficas;
4. Avaliação e Convergência: neste estágio, deve ser considerada a seleção apropriada das informações do material fonte e a representação dentro de uma tolerância posicional correspondente ao propósito do mapa. Finalmente, deve-se avaliar a imagem criada

e indicar ou realizar qualquer correção necessária. Este é o estágio final, onde a representação cartográfica mais próxima da realidade é o modelo de implementação.

A importância de um projeto cartográfico é garantir a eficiência da representação gráfica contida no mapa. O mapa é o meio de comunicação visual, que transmite ao seu usuário a imagem ou síntese de uma abstração da realidade. A elaboração eficiente de um mapa está relacionada com a capacidade, habilidade e talento individual do engenheiro cartógrafo em conceber o mapa.

2.1.1 Comunicação Cartográfica

O propósito de um Projeto Cartográfico é proporcionar uma comunicação cartográfica eficiente. Considerando a grande variedade de definições do termo "mapa", a finalidade principal de qualquer mapa é a apresentação da informação que o usuário necessita. Peterson (1995), sugere um conceito que realça o aspecto de comunicação cartográfica, "os mapas são abstrações do mundo que nos ajudam a entender o ambiente em que vivemos. O propósito dos mapas é comunicar a informação relacionada à superfície terrestre. Os mapas são formas de representação da informação que fazem uma conexão vital entre as pessoas e o mundo ao redor delas". Todo processo cartográfico está inserido numa realidade voltada para a representação gráfica das informações geográficas para o usuário.

Tradicionalmente, o papel é o meio para a representação cartográfica, e os trabalhos desenvolvem-se com base na estrutura dos modelos de comunicação cartográfica. De acordo com Keates (1989), o Modelo de Transmissão de Ratajski adota conceitos das teorias de transmissão de informação, através da afirmação: "As mensagens são transmitidas do cartógrafo para o receptor, por meio de um canal de transmissão, isto é, por meio de um mapa".

No processo de comunicação cartográfica, os receptores/usuários devem ser capazes de decodificar o sinal/mapa codificado pelo

transmissor/cartógrafo, mas este processo pode não ser eficiente quando não é possível decodificar o sinal, e neste caso a compreensão da mensagem é equivocada. A responsabilidade de apresentar a informação é do cartógrafo, e cabe ao usuário apenas a sua interpretação.

A compreensão da mensagem, interpretada por parte do usuário, pode ser influenciada por fatores tais como: a falta de conhecimento completo por parte do cartógrafo acerca do conceito a transmitir e conseqüentemente, não criar um meio de comunicação (mapa), claro, legível e que permita ao usuário reconstituir o mundo real; e/ou causados por parte do "usuário de mapas", que na realidade, como tal, não existe, pois todo usuário de mapas tem sua experiência específica dentro de seu próprio ambiente natural e cultural e tem interesse e objetivos pessoais específicos. Estes fatores perturbadores, que influenciam a percepção de mapas, são denominados "ruídos" e são indesejáveis no processo de comunicação, conseqüentemente causam a perda de informação (SIMIELLI, 1985).

A redução de escala de visualização, pura e simples, aplicada a um conjunto de dados acarreta um conjunto de modificações que, em geral, deterioram o aspecto de comunicação visual. "Quando há redução de escala na visualização de dados, a aplicação de conceitos de generalização cartográfica é necessária" (Sociedade Suíça de Cartografia - SSC, 1979). A generalização cartográfica consiste do conjunto das operações responsáveis pelo restabelecimento das condições de comunicação ideais que os dados cartográficos perderam pelo fato de haver redução de escala (KEATES, 1989). Segundo Robinson et al. (1984), todo mapa por ser uma forma complexa de comunicação, gerada a partir do conhecimento de objetivos gerais e específicos, deve ser antecipado por uma fase de planejamento.

O processo de generalização cartográfica não é função apenas da redução de escala, mas também do objetivo, da necessidade do usuário, do domínio temático do mapa, da relevância e do grau de importância dos fenômenos ou feições a serem generalizadas. Para Keates (1989), a função essencial do cartógrafo é decidir a estrutura cartográfica correta para o assunto

ou propósito particular. Além disso, o cartógrafo deve encontrar meios de realizar a representação apropriada às características do fenômeno e a informação disponível e deixar clara qualquer limitação ou deficiência onde for necessário. A fim de atingir estes objetivos, o cartógrafo deve fazer algumas suposições sobre a provável atitude do usuário, sobre seu conhecimento de cartografia e sobre a sua habilidade de interpretação.

O desenvolvimento dos projetos cartográficos deve ser realizado com base na estrutura dos modelos de comunicação cartográfica. Com isso surgiram teorias de comunicação cartográfica, na tentativa de analisar as conexões entre processos de criação do mapa e dos processos de obtenção de informação pelo usuário. O modelo de comunicação para mapas Slocum (1999), pode ser demonstrado através dos seguintes passos com base no diagrama, (FIGURA 2.2).

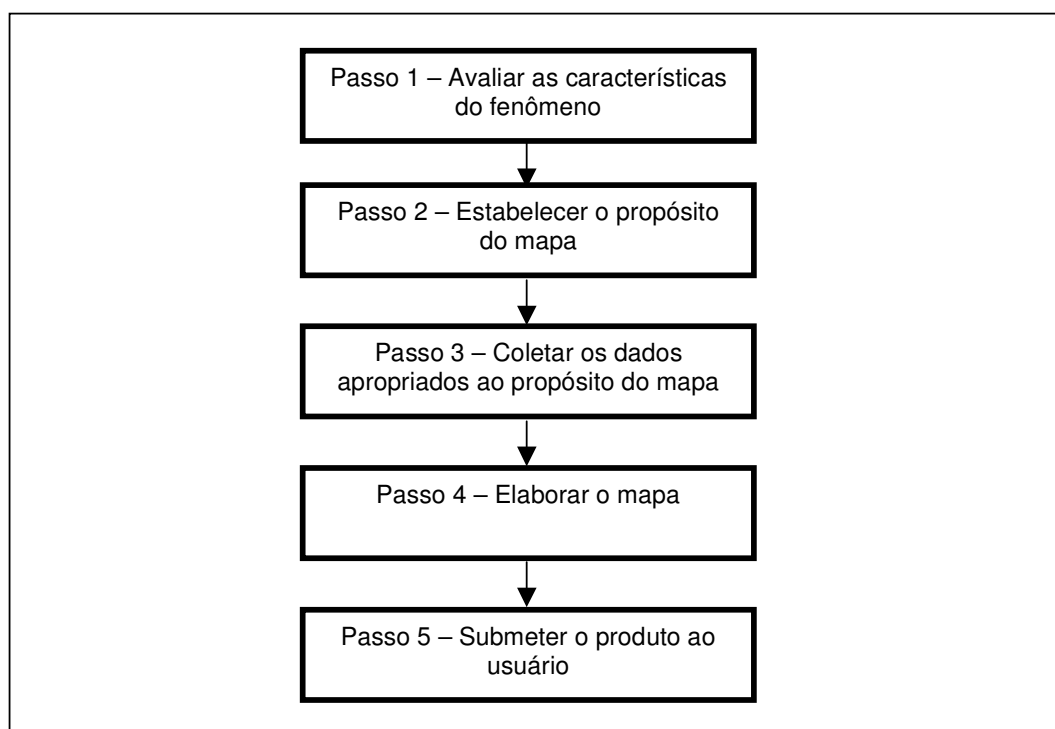


FIGURA 2.2 - Etapas principais num processo de Comunicação de Informação Cartográfica
FONTE: Adaptada de SLOCUM, T. A., 1999, p. 05

Passo 1 - Avaliar as características do fenômeno: deve-se considerar como se apresenta a distribuição do fenômeno no mundo real. Para tanto Slocum (1999), sugere que o projetista deve refletir sobre a distribuição no

maior nível de detalhamento possível e então decidir qual o grau de complexidade deve atender o propósito do mapa. Este primeiro passo é fundamental os projetistas devem representar o nível de informações que estão disponíveis, pois os dados estão disponíveis neste nível. Os condicionantes são os dados logo, verificar se a distribuição do fenômeno representado condiz com a realidade.

Passo 2 - Estabelecer o propósito do mapa: o propósito deve representar o fenômeno do mundo real tão próximo quanto possível e estabelecer o que deve ser diferenciado dentro das restrições de escala. Esta fase é muito importante, pois com base nestas restrições é que a escala do mapa pode ser definida.

Passo 3 - Coletar os dados apropriados ao propósito do mapa: em geral, o dado espacial por ser coletado de fontes primárias de informação (são levantamentos topográficos, hidrográficos, geomorfológicos, etc) ou fontes secundárias (tais como censos estatísticos de população, observações de temperatura e precipitação, etc), e ainda de fontes intermediárias (são levantamentos fotogramétricos, imageamento por sensoriamento remoto, etc).

Passo 4 - Elaborar o mapa: este é o passo mais complexo do projeto, pois neste passo são definidos todos os critérios para a sua realização gráfica. Um fato importante a ser analisado diz respeito às informações que estarão contidas no mapa, e estas podem ser específicas ou gerais. Conhecer a dimensão espacial do dado (pontual, linear ou de área), bem como os níveis de medida (nominal, ordinal, intervalar ou de razão) são indispensáveis para a construção do mapa, e deve-se verificar se é necessário padronizar os dados.

As limitações técnicas que se apresentam ao cartógrafo (por exemplo: tipo de papel), as características do público alvo (usuários), o tempo para realização do projeto e limitações de custo são fatores decisivos para elaborar e construir o mapa. A estética deve ser vinculada a estes fatores de forma a atender as características da representação temática, a legibilidade e clareza.

Passo 5 – Submeter o produto ao usuário: possivelmente o ponto mais importante é que um mapa não é projetado para o cartógrafo ou profissional que realizou o projeto, mas sim para o público alvo, desta forma a crítica é a maior aliada na avaliação de um projeto cartográfico.

“Cada problema de mapeamento é único; suas soluções não podem ser determinadas por fórmulas rígidas. Quão bem o cartógrafo pode orquestrar todas as variáveis num processo de abstração é a medida de quanto de artista (talento artístico) ele ou ela possui. O usuário do mapa deve ser uma variável a ser consultada, o mapa final deve ser uma solução que reduza a complexidade, do mundo real e que desperte do interesse deste usuário. Essas condições exigem habilidade artística, que pode ser adquirida somente com aprendizado e experiência” (DENT, 1985).

A informação contida num mapeamento tem origem na realidade, a fonte do conteúdo intelectual do mapa é o cartógrafo. O principal receptor é o sensor visual (o olho) do usuário do mapa. A inteligência e o conhecimento do usuário também afetará a habilidade em decifrar o mapa, mas a capacidade de inter-relacionamento destes conceitos sugere sua consideração como um só fator.

A percepção e a cognição envolvidas na leitura do mapa influenciarão a eficácia com que o leitor examina o mapa. Na comunicação cartográfica estes dois processos são tão entrelaçados que o termo percepção é aplicado, por conveniência, a todos os atos de observação de símbolos e a estimativa de seus tamanhos, cores e formatos, e o termo cognição é, reservado para todos atos de reconhecimento espacial nos quais estes símbolos adquirem significado em termos de lugar ou padrão (MONMONIER, 1991).

Como os processos mentais envolvidos num modelo de comunicação de mapas são cognitivos, a compreensão crescente do usuário pode muito bem exceder ao que o cartógrafo do mapa esperava. Desta forma, pesquisas posteriores com os usuários possibilitam medir e avaliar a efetividade da comunicação cartográfica. Deve-se reconhecer que um aumento na compreensão ou na confusão da realidade após o uso do mapa pelo usuário, não vem, necessariamente, apenas do mapa. Esta abordagem determina a

atitude do leitor em relação aos mapas, assim os cartógrafos identificam as formas mais efetivas (comunicativas) de elaborar mapas

2.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tratou-se neste capítulo que a base cartográfica (mapas urbanos) do PARANACIDADE está condicionada a atender os usuários especialistas em gestão urbana e a técnicos das prefeituras municipais, que necessitam de representações detalhadas das feições naturais e artificiais da superfície terrestre. Estes especialistas trabalham com três categorias de mapas urbanos: mapa básico, mapa derivado e mapa temático. Este uso alterna-se entre as diferentes categorias, de acordo com as exigências de detalhe e propósito de cada usuário.

O Projeto Cartográfico é um fluxo de informações que estabelece todo o processo pelo qual os mapas são construídos, que compreende a discriminação de todos os aspectos relativos ao propósito, conteúdo e representações cartográficas, que é o estágio final do processo. Além disso, o mapa é um meio de comunicação que transmite ao seu usuário a imagem ou síntese de uma abstração da realidade e envolve o posicionamento (localização) de alguma feição ou fenômeno. A Generalização Cartográfica está inserida no contexto da Abstração Cartográfica, como um processo de materialização dos exercícios intelectuais.

O uso de um modelo de Comunicação para mapas é apropriado para o cartógrafo entender o significado do mapa e o uso do mapa como principal canal de comunicação com o usuário. Um autor que não esteja certo sobre o significado ou o propósito do mapa a ser produzido, pode, transmitir excesso ou falta de informação ao usuário. Quando existe o conhecimento da finalidade quanto ao uso do mapa, a comunicação com o usuário se torna efetiva, através da remoção de detalhes desnecessários. Logo, o cartógrafo tem que eliminar as complexidades desnecessárias das informações e repetir os passos do Projeto Cartográfico necessários para tentar despertar o interesse do usuário através da mensagem mapeada.

3 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

Conforme Eckert (1908, citado por João, 1998), "uma vez que a escala permita que os objetos do mundo real sejam representados na sua verdadeira proporção no mapa, apenas a habilidade técnica é necessária. Quando esta possibilidade termina, a arte do cartógrafo inicia-se. Com a generalização, a arte entra na confecção do mapa".

A generalização cartográfica pode ser descrita como abstração e simplificação de feições presentes em um mapa de acordo com a sua importância e contribuição para o uso do mapa. Segundo João (1998), todos os mapas digitais ou analógicos, são representações das informações da realidade generalizadas e quanto mais generalizados os mapas, as informações que são representadas tornam-se mais distantes da realidade, isto é, podem não transmitir seu verdadeiro significado. A generalização denota um processo pelo qual "a presença do fenômeno ou evento em um determinado espaço é essencialmente reduzido e/ou modificado em relação ao tamanho, forma e número, dentro do espaço do mapa", conforme BALODIS (1988), citado por JOÃO, (1998).

Segundo Dent (1985), generalização cartográfica é a materialização da abstração cartográfica, é a atribuição de características representacionais aos objetos abstraídos. Este processo pode ser realizado mentalmente, no primeiro nível de abstração (mapa mental), ou concretamente, através de modelos intermediários. Para a operacionalização do processo, o seu desenvolvimento pode ser feito tanto em ambiente analógico como digital. Logo, para a compreensão das generalizações nestes ambientes, pode-se classificá-las:

- Generalização Manual em Ambiente Analógico: é executada em ambiente analógico e os procedimentos são totalmente manuais.
- Generalização Manual em Ambiente Digital: é realizada de forma manual, ou seja, os procedimentos consistem em reduções e aplicação das transformações manualmente e não há

implementação dos procedimentos como códigos. Porém é realizada em ambiente digital;

- Generalização Semi-Automática: é realizada em ambiente digital e possui todos os procedimentos implementados através de códigos de programação. Porém sempre é necessária a intervenção do profissional para tomada de decisão;
- Generalização Automática: é realizada em ambiente digital, com procedimentos implementados e sem a intervenção do operador.

É necessário escolher qual modelo será adotado para a descrição dos procedimentos da generalização. Para cada metodologia há uma técnica de modelagem de informações diferente. Considera-se que para produzir o mapa final é necessário modelar as características e o comportamento dos objetos envolvidos e, no caso da generalização, o comportamento é traduzido com a mudança das representações das informações.

McMaster & Shea (1992), definem a generalização cartográfica, como os processos de derivar um conjunto de dados cartográficos simbolicamente ou digitalmente codificados pela aplicação de transformações espaciais e de atributos a uma fonte de dados. Esse conceito é realizado com base em operações de transformações que manipulam a geometria e a semântica dos objetos:

"Generalização Geográfica é o processo que envolve a manipulação geométrica das informações espaciais dos objetos, considerando a estrutura de dados utilizada, ou seja, está ligada às Transformações Espaciais, que tratam de Operadores Geométricos, ou ainda aqueles operadores que realizam mudanças a partir de perspectiva geográfica e topológica. Enfocam-se primeiramente os aspectos posicionais" (McMASTER & SHEA, 1992).

"A Generalização Estatística envolve os processos de manipulação das informações conceituais dos objetos, ou seja, está ligada às Transformações de Atributo, que tratam de Operadores Semânticos, ou ainda aqueles que realizam a mudança nos atributos semânticos ou conceituais dos objetos" (McMASTER & SHEA, 1992).

As transformações do processo de generalização são aplicadas durante todo o processo de geração de modelos, desde o modelo mental até o modelo final. Alguns tipos de transformação são utilizados com maior frequência, dependendo do nível de abstração em que se está trabalhando e, também das características de cada transformação. Cada autor denomina as transformação de forma diferente e as estruturas em níveis diferentes. Na generalização, o que um operador executa é uma operação de transformação, pois há a modificação, a passagem de um estado para outro, há a modificação de características dos objetos. Pode-se dizer ainda que um determinado tipo de generalização é um processo que engloba operadores que realizam tipos de transformações nos objetos (TABELA 3.1). Um determinado operador pode conter de *uma* a *n* transformações. Por exemplo, a generalização geométrica é um processo que engloba o operador de simplificação o qual realiza uma transformação geométrica de redução de número de pontos de uma linha (ISSMAEL, 2003).

Keates (1989), ao tratar o processo de generalização cartográfica, ressalta que não existe unanimidade nos termos empregados para descrever as operações envolvidas no processo, e que a maior divergência está no método empregado na construção de cartas ou mapas em que a generalização ocorre. Tanto na cartografia convencional quanto na cartografia digital, se faz necessário o processo de generalização cartográfica, considerando que para representar as informações do mundo real se faz necessário, selecionar, classificar as feições de acordo com a escala e o propósito do mapa. A determinação de definição para operações e transformações no processo de generalização visa adotar os termos mais adequados segundo uma análise utilizada por vários autores (VIANNA, 1997):

Segundo Keates (1989), as operações realizadas sobre produtos cartográficos e que são consideradas generalização cartográfica são: *omissão seletiva*, *simplificação*, *exagero* e *deslocamento*. A *omissão seletiva* é a determinação dos objetos do mundo real que deverão ser representados no mapa. A *simplificação* consiste da redução de detalhes das feições individuais

ou de grupos de feições similares. O *exagero* é conseqüente da simbolização com intuito de mostrar a importância de determinada feição ou objeto, mesmo que isso signifique a perda da relação espacial entre o símbolo, a escala e a feição real. O *deslocamento* é uma operação que surge da necessidade de representar um determinado conjunto de feições ou objetos e o espaço a eles destinado no mapa não os comporta. A solução para acomodá-los requer que suas posições geográficas sejam alteradas para permitir a sua representação.

Robinson et al. (1984), descrevem generalização cartográfica como o conjunto de modificações aos dados de forma a torná-los legíveis e eliminar os problemas decorrentes da redução de escala. Os autores não enumeram as operações relativas ao processo e, sim as agrupam em quatro categorias às quais denominam elementos de generalização cartográfica. Essas quatro categorias referenciadas pelos autores são: *simplificação*, *classificação*, *simbolização* e *indução*. Para estes autores, *seleção* não é considerada como um elemento de generalização cartográfica, uma vez que não modifica diretamente os elementos do mapa. A *seleção* é um processo de decisão a cerca de quais informações disponíveis são de interesse ao propósito do mapa sendo independente do seu formato e escala. A *simplificação* é o elemento que incorpora as operações responsáveis pela determinação das características importantes das feições; manutenção e possível realce; e, a *eliminação* de detalhes desnecessários ao propósito do mapa. A *classificação* é o elemento responsável pela ordenação e agrupamento de fenômenos e objetos em classe que reproduzem características semelhantes. A *simbolização* é o elemento responsável pela codificação gráfica das feições representadas em um mapa após terem sido simplificadas e classificadas. Quanto a *indução*, é o elemento que abrange as operações responsáveis pela harmonização do mapa.

Dent (1985), ao descrever o processo distingue abstração cartográfica de generalização cartográfica, atribuindo ao primeiro a etapa de concepção e realização de um mapa e, ao segundo, a etapa operacional, dentro do processo de abstração, utilizando operações de *seleção*, *classificação*, *simplificação* e *simbolização*. Para este autor, a *seleção* é a operação de

identificação dos elementos de importância para o propósito do mapa. A *classificação* é a operação através da qual são agrupados os elementos que possuem características semelhantes fazendo com que a individualidade e detalhes pertencentes a cada elemento sejam desprezados mantendo, apenas, aqueles gerais ao grupo no qual foi classificado (FIGURA 3.1(a)). A *simplificação* tem uma descrição ampla citando operações como seleção, classificação e suavização como integrantes de *simplificação* (FIGURA 3.1(b)). Apesar da amplitude dada à operação, a figura que utiliza para exemplo define como a operação de eliminação de detalhes desnecessários para o entendimento da informação requerida pelo propósito do mapa. A *simbolização* é a operação de transformação dos objetos do mundo real em elementos gráficos (símbolos) que transmitem ao leitor a informação existente na área mapeada, estes símbolos são determinados pelo propósito e pela escala do mapa.

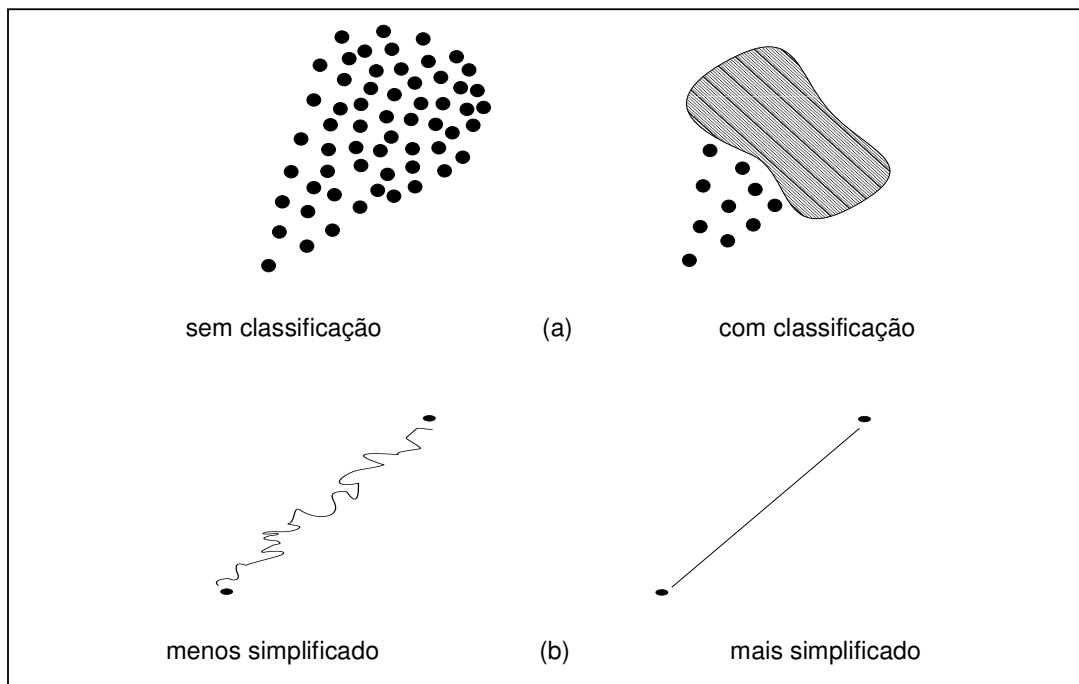


FIGURA 3.1 - Exemplo de operadores de (a) classificação e (b) simplificação
 FONTE: Adaptado de DENT, 1985

Segundo Monmonier (1991), o valor de um mapa é dependente da qualidade com que a generalização da geometria e do conteúdo reflete a realidade do aspecto observado, isto é, refletem a informação necessária ao propósito do mapa. No caso da generalização da geometria, o autor identifica o

conjunto de operações de acordo com a representação geométrica dos elementos (ponto, linha e área). Monmonier (1991) faz essa distinção entre as operações ocorridas nos diferentes tipos de representação geométrica durante o processo de generalização cartográfica. Esta é uma observação importante que merece destaque uma vez que elementos lineares, pontuais ou de áreas não passam por operações iguais quando generalizados. Somente as operações de *seleção* e *deslocamento* são comuns aos três tipos de representação geométrica. No caso dos *elementos lineares*, além dessas duas, mais três operações são destacadas: *simplificação*, *suavização* e *realce*. No caso de *elementos pontuais*, aos quais Monmonier (1991) inclui toponímia, são identificadas mais quatro operações: *agregação*, *conversão em área*, *associação gráfica* e *abreviatura*, sendo estas últimas aplicadas a elementos pontuais tipo toponímia. Para os *elementos dos tipos áreas* são apresentadas mais oito operações: *simplificação*, *suavização*, *realce*, *agregação*, *dissolução*, *segmentação*, *conversão em ponto* e *conversão em linha*. A operação de *seleção* implica na supressão ou na seleção de elementos pontuais, lineares e de áreas, como mostra a FIGURA 3.2 (a), (b) e (c).

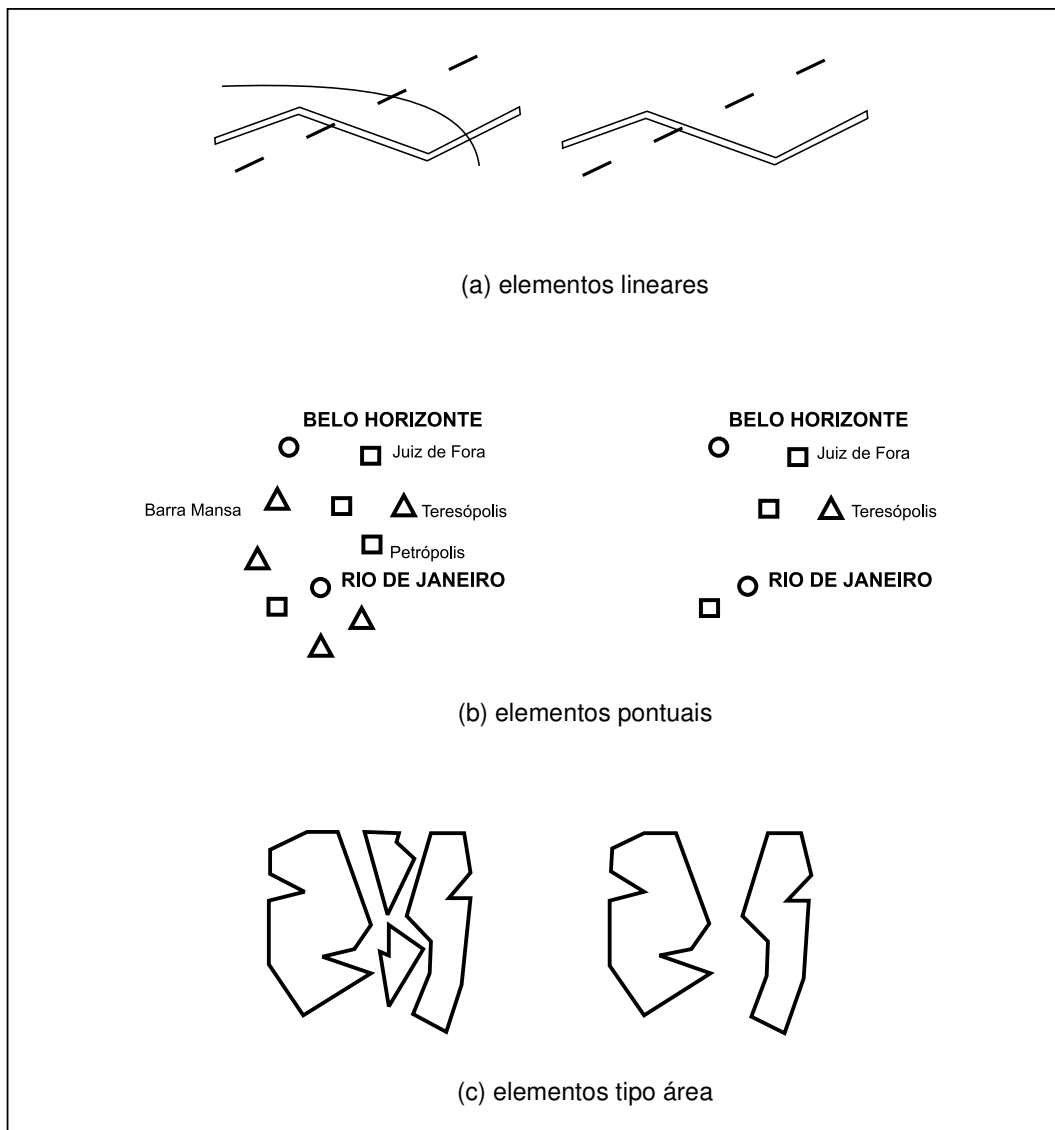


FIGURA 3.2 - Exemplo de operadores de Seleção: (a) elementos lineares, b) elementos pontuais e (c) elementos tipo área

FONTE: MONMONIER, 1991

Todas as demais operações, independentemente do conjunto ao qual pertençam, modificam a forma e/ou posição espacial dos elementos. Como a *simplificação* é tratada como a operação de redução de detalhes e angularidade que elimina pontos em uma linha ou contorno de elementos poligonais, segundo uma lógica ou aleatoriamente, ao reduzir o número de pontos, reduz o tamanho de um arquivo digital (FIGURA 3.3(a)). A *suavização*, também tem por finalidade, a eliminação de angularidade e de detalhes desnecessários (FIGURA 3.3(b)). As diferenças entre as duas operações são

visualizadas no resultado final. A operação de *suavização* desloca e acrescenta pontos de forma a produzir um elemento sem quebras abruptas de segmento, segundo uma lógica definida.

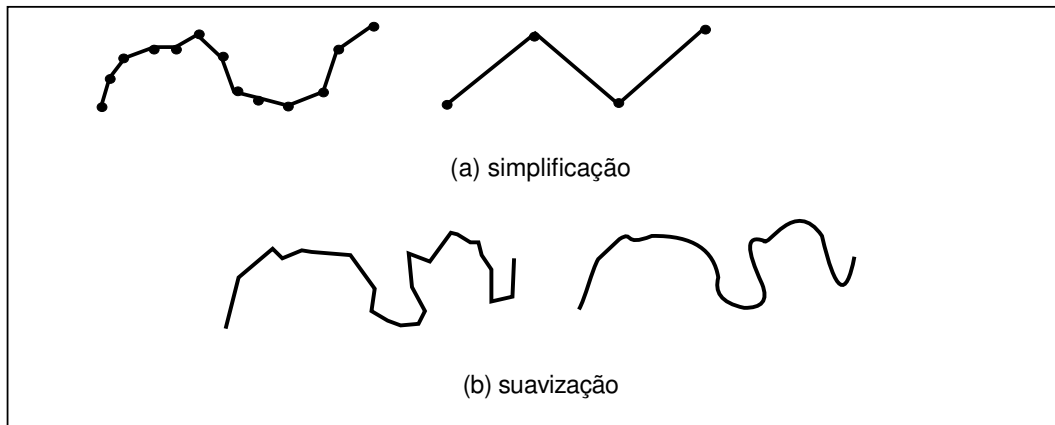


FIGURA 3.3 - Exemplo de operadores de (a) simplificação e (b) suavização
FONTE: MONMONIER, 1991

A operação de *deslocamento* é a mudança posicional dos pontos definidores de objetos, que usa como parâmetros, para esta mudança, uma distância definida e uma direção (FIGURA 3.4(a)). Esta operação evita interferência na informação transmitida pelos elementos deslocando-os, quando necessário. *Realce* é a operação em que são acrescentados detalhes à simbologia de um mapa de forma a torná-las mais reais (FIGURA 3.4(b)).

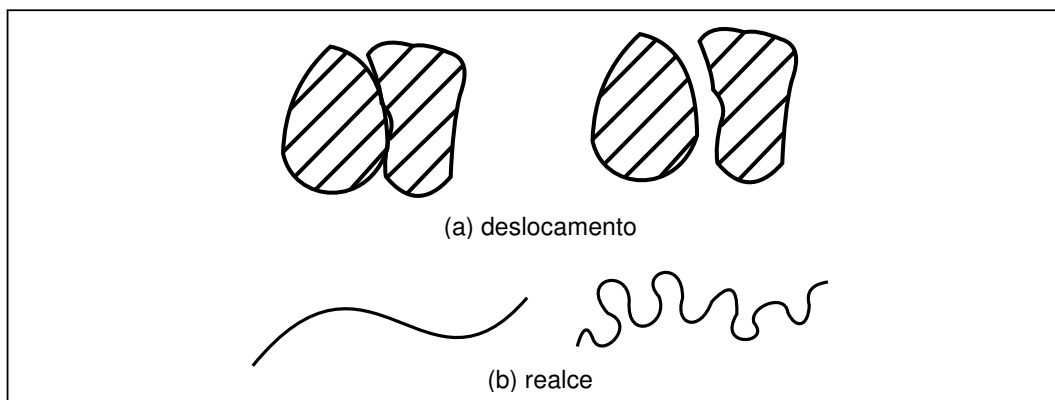


FIGURA 3.4 - Exemplo de operadores de (a) deslocamento e (b) realce
FONTE: MONMONIER, 1991

A operação de *associação gráfica* consiste em associar uma informação textual a um elemento pontual através de uma linha ou um código (FIGURA 3.5(a)).

Abreviatura é a operação que consiste em escrever uma informação textual de forma reduzida (FIGURA 3.5(b)). A operação de *agregação* consiste na substituição de um conjunto de elementos pontuais, cuja densidade sobrecarrega o mapa, por um novo símbolo proporcional à quantidade de pontos substituído e posicionado no centro de massa do conjunto de pontos substituídos (FIGURA 3.5(c)). Como *conversão de área* é a operação que consiste em reunir um conjunto de pontos em um único elemento do tipo área, dando destaque ao conjunto de ocorrências (FIGURA 3.5(d)).

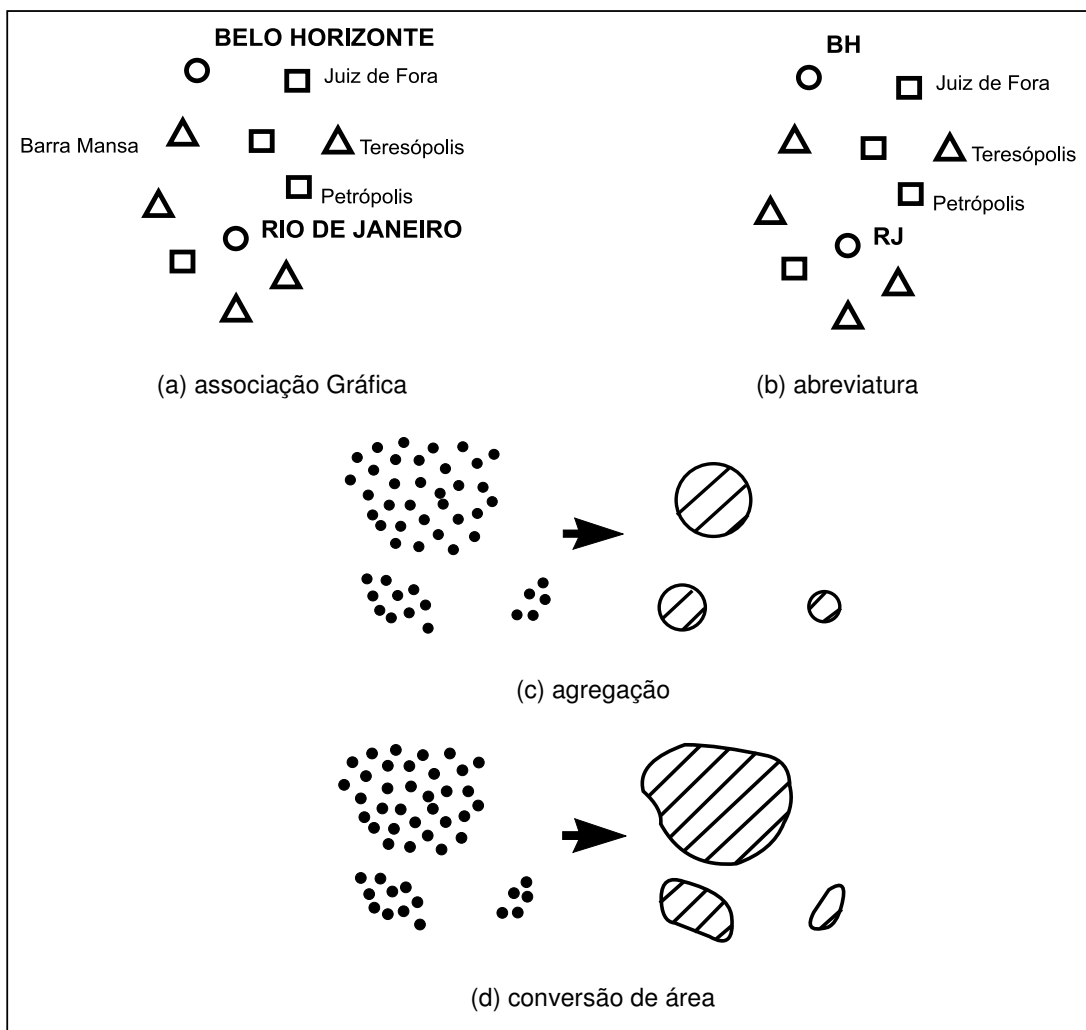


FIGURA 3.5 - Exemplo de operadores de (a) associação gráfica, (b) abreviatura, (c) agregação e (d) conversão de área

FONTE: MONMONIER, 1991

A operação de *dissolução* consiste em dissolver os limites de um determinado elemento classificando-os de acordo com o elemento envolvente. Trata-se de um tipo de eliminação (FIGURA 3.6).

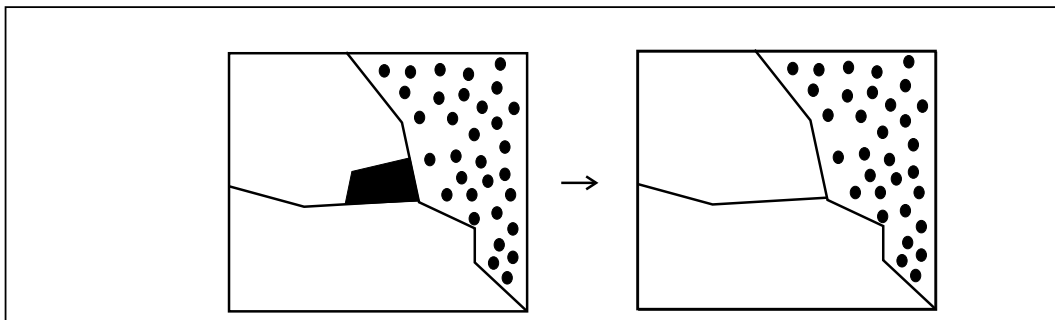


FIGURA 3.6 - Exemplo de operadores de dissolução
FONTE: MONMONIER, 1991

A operação de *segmentação* consiste em eliminar ou dissolver um trecho do elemento, a representação do elemento fica segmentada e preenchida com a simbologia do elemento envolvente (FIGURA 3.7).

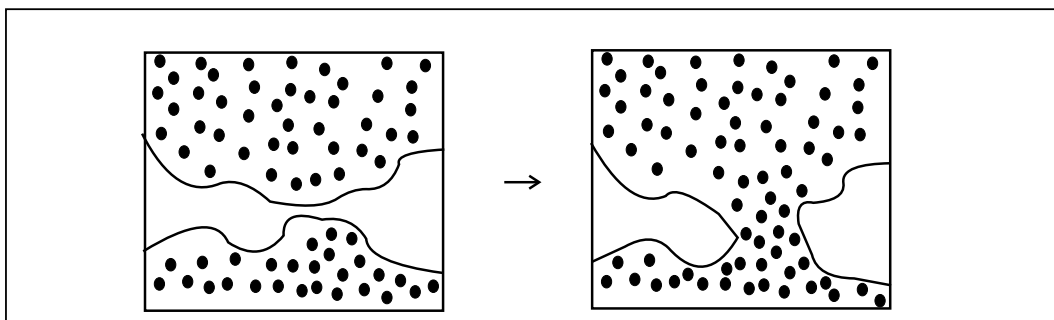


FIGURA 3.7 - Exemplo de operadores de segmentação
FONTE: MONMONIER, 1991

As operações dimensionais de *conversão em ponto* e *conversão em linha* são realizadas quando os elementos de área são importantes para o propósito do mapa e devem ser representados. Nestes casos os elementos de área podem ser reduzidos a elementos pontuais, FIGURA 3.8(a), ou a elementos lineares, FIGURA 3.8(b).

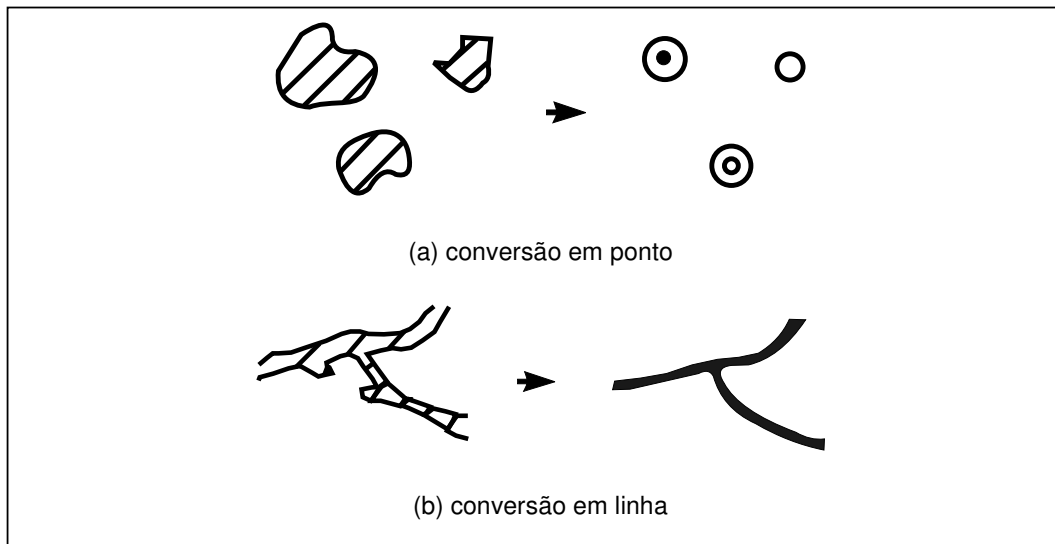


FIGURA 3.8 - Exemplo de operadores de (a) conversão em ponto e (b) conversão em linha
 FONTE: MONMONIER, 1991

Muehrcke & Muehrcke (1992), descrevem a abstração cartográfica como o processo de transformação em mapa daquilo que se observa na realidade. Os autores envolvem cinco atividades básicas que são descritas como operações de generalização: *seleção*, *classificação*, *simplificação*, *realce* e *simbolização*. A atividade do operador de *seleção* diz respeito à escolha da informação a ser mapeada e inclui atividades como: seleção de escala e seleção do sistema de projeção. *Classificação* corresponde ao agrupamento de elementos em classes que possuam características semelhantes. *Simplificação* tem uma descrição abrangente e inclui atividades de eliminação de elementos desnecessários, suavização de elementos lineares ou contorno de área, agregação de elementos de uma mesma classe, conversão da geometria, dentre outras. *Realce* consiste em destacar determinados elementos de interesse no mapa por meio de variação no símbolo usado. A operação de *simbolização* é a codificação gráfica dos objetos geográficos e sua representação nas dimensões escolhidas para o mapa.

Muller (1989) propôs que se distinguísse generalização geométrica de generalização conceitual. O autor considera que a Generalização Geométrica é relativa às transformações geométricas e que trata apenas de mudanças espaciais, geométricas de objetos, que não alteram a concepção, a definição conceitual e os atributos destes objetos. Seus principais componentes são os operadores:

abreviatura, associação gráfica, deslocamento, dissolução, eliminação/manutenção, exagero, refinamento, rotação, simplificação e suavização. A Generalização Conceitual é relativa às transformações semânticas e está associada à criação de nova simbologia para objetos, além da mudança de simbologia em decorrência de nova atribuição conceitual de seus principais componentes. Na Generalização Conceitual são considerados os operadores: *classificação e simbolização*. Na Generalização Conceito-Geométrica os operadores possuem transformações conceituais e geométricas, como: agregação, colapso, segmentação e unificação. De acordo com Muller (1989), as transformações inerentes aos dois tipos de generalização não se justificariam sempre na mesma escala para toda feição pertencente aos diferentes domínios temáticos. Como consequência, mudanças radicais de representação (catástrofes) nem sempre ocorreriam na mesma escala para todos os objetos incluídos num certo mapa.

A análise do conjunto de operadores apresentados, evidencia a falta de consenso entre os autores em relação à definição dos operadores de generalização. Apesar de alguns termos se repetirem entre os autores examinados, seus significados nem sempre são os mesmos. Segundo Issmael (2003), diante dos aspectos observados, os operadores foram agrupados da seguinte maneira:

- Operadores de mesma definição, porém de denominação diferente;
- Operadores de mesma denominação, mas de definições diferente;
- Operadores que têm outros operadores incorporados em sua funcionalidade;
- Operadores de mesma definição, porém operam tipos de dados diferentes ou mudanças dimensionais diferentes;
- Operadores que são considerados por um único autor;
- Operadores de consenso na definição pelos autores abordados.

Os operadores estão reunidos por tipo de Generalização, por finalidades afins e por tipo de transformação de cada operador. Esta estruturação de operadores pode ser visualizada na TABELA 3.1.

TABELA 3.1 - ESTRUTURAÇÃO DOS OPERADORES DE GENERALIZAÇÃO

Tipos de Generalização	Finalidade Semelhante	Operadores	Tipo de Transformação
Generalização Geométrica	Tratamento de Toponímia	Abreviatura	Transformações Geométricas
		Associação Gráfica	
	Ampliação de Objetos	Exagero	
	Mudança de Posicionamento	Deslocamento	
		Rotação	
	Exclusão/Manutenção de Objetos	Dissolução	
		Eliminação/Manutenção	
	Manutenção do Aspecto Geral	Refinamento	
Generalização Conceitual	Criação, Eliminação e Alteração dos pontos definidores	Simplificação	Transformações Conceituais
		Suavização	
	Reunião em Classes	Classificação	
Generalização Conceito-Geométrica	Atribuição de Nova Simbologia	Simbolização	Transformações Conceito-Geométricas
	Mudanças Dimensionais e/ou Substituição pelo mesmo tipo de dado	Agregação	
		Colapso	
		Segmentação	
		Unificação	
	Ênfase na Simbologia dos objetos	Realce	

FONTE: ISSMAEL, 2003

Observa-se que foram definidos novos operadores com o passar dos anos. A análise das transformações que podem ocorrer quando informações cartográficas distintas são submetidas a uma variação contínua de escala é uma etapa importante para a automatização do processo de generalização aplicado a grandes variações de escala. Muller (1989) afirma que muito embora este procedimento possa contribuir para estabelecer intervalos de variação de escala para os quais transformações específicas sejam válidas, é bastante improvável que um único conjunto de operações seja genérico o suficiente para abranger grandes variações de escala.

3.1 PROCESSO MANUAL DE GENERALIZAÇÃO

Na cartografia convencional, a geração de produtos cartográficos em escala reduzida implica na aplicação de generalização cartográfica manual, que inicia pela redução fotográfica dos originais a sofrer generalização (VIANNA, 1997). O cartógrafo aplica sua experiência e seu conhecimento geográfico acerca das feições presentes no mapa original, bem como os relacionamentos de hierarquia e interdependência, determina a maneira como serão representados na nova escala, e por fim realiza manualmente as

modificações (SSC, 1979). As operações de generalização manual de cartas topográficas são tarefas de tamanha complexidade que pode ser expressa com a frase atribuída a E. Von Sydow "*Somente aquele que é mestre sobre o assunto e pode desempenhar com suas mãos o que sua mente deseja, está habilitado a generalizar de forma correta*" (SSC, 1979).

Segundo Vianna (1997), a falta de padronização na definição de conceitos de operadores apresentados por Robinson et al., Dent, Keates, Monmonier e Muehrcke & Muehrcke para o processo de generalização cartográfica, dificulta a formalização do processo manual de generalização cartográfica. As atividades de planejamento, de reunião da documentação e da informação de interesse à elaboração do mapa, determinarão as operações executadas no processo de generalização cartográfica. A primeira operação do processo manual de generalização cartográfica, considerada como inerente ao processo de generalização, é a *seleção* que determinará o conteúdo do mapa, isto é, a operação de seleção compreende a escolha dos elementos que comporão o mapa de acordo com sua escala e seu propósito.

Os elementos selecionados são agrupados em classes de elementos semelhantes de modo que a escala e o propósito do mapa sejam atendidos. Esta operação é denominada *classificação* que não modifica diretamente o elemento apesar de implicar, em muitos casos, numa nova simbologia. Para o processo manual de generalização cartográfica em uma única operação é realizada a eliminação de detalhes desnecessários à escala do mapa, bem como a suavização deste mesmo elemento, não descaracterizando sua forma inicial. Esta operação é denominada *simplificação*, sendo aplicada aos elementos tipo linha e área modificando, diretamente, cada elemento no mapa. Normalmente quando a escala do mapa é reduzida em relação à escala original, alguns elementos aparecem colados e até mesmo superpostos. Caso esses elementos, de acordo com o propósito do mapa, devam ser representados deve ser feito um *deslocamento*, para dar representatividade as características individuais de cada um. Esta operação é aplicada a elementos dos tipos ponto, linha e área (MONMONIER, 1991).

Para os elementos dos tipos ponto, três outras operações se destacam. A primeira delas se confunde com o que foi considerada seleção, uma vez que também elimina elementos, a diferença é que seleção leva em consideração o mapa como um todo e, esta operação, que será denominada *tipificação*, considera uma determinada área onde a densidade de um mesmo elemento é muita elevada. A tipificação é executada para manter a característica da área pela redução da densidade de elementos. A segunda operação, distinta para o elemento tipo ponto, é a *conversão em área*, consiste em reunir um conjunto de pontos em um único elemento do tipo área, dando destaque ao conjunto de ocorrências. A terceira operação é a *associação gráfica*, consiste em associar uma informação textual a um elemento pontual através de uma linha ou um código. Para os elementos tipo área, quatro outras operações são identificadas. A primeira é a operação denominada *união*, caso em que pequenos elementos são unidos para formar um elemento maior, todos da mesma classe, de modo a destacar uma característica importante ao propósito do mapa. A segunda operação destacada para áreas, é denominada *dissolução*, os pequenos elementos para serem representados, não necessariamente da mesma classe, tem seu contorno eliminado e incorporado por um elemento mais envolvente. A terceira operação é denominada *conversão em ponto*, que compreende a operação de identificar e representar, através de um ponto, elementos importantes para o propósito do mapa, mas, cuja representação como área não é possível devido à escala. A mesma definição é aplicada a quarta operação que é denominada *conversão em linhas* (MONMONIER, 1991).

Para o processo manual, duas operações merecem uma análise especial: *realce e simbolização*. Estas operações ocorrem quando se deseja dar um destaque especial a um elemento sem representatividade, pelas suas dimensões, mas cuja representação é necessária para atender ao propósito do mapa. Esse destaque é alcançado por meio de uma adequação de simbologia, sendo assim, considera-se esta operação como um dos objetivos da própria simbolização (MONMONIER, 1991).

3.2 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA EM AMBIENTE DIGITAL

O processo de generalização cartográfica em ambiente digital teve início com o desenvolvimento de algoritmos, voltados à automatização das transformações de generalização. João (1998) descreve que "para cada um dos operadores, os algoritmos de generalização são usados para implementar uma transformação particular". A necessidade de automatização os processos de produção cartográfica, diante da tecnologia, equipamentos e programas, gerando, inclusive de novos requisitos por parte dos usuários, foram desenvolvidos algoritmos para realizar tarefas de generalização cartográfica em meio digital (Vianna, 1997).

Foram realizados diversos estudos para avaliar o desempenho dos algoritmos mais utilizados para o processo de generalização de linhas. McMaster, (1987) citado por McMaster & Shea, (1992) observa que, com a disponibilidade dos dados em meio digital, vários algoritmos foram desenvolvidos para generalização, principalmente para eliminação de dados não necessários, observando também a necessidade de estudos que verifiquem a eficiência e legitimidade destes algoritmos. Estes estudos são valiosos, pois orientam a escolha e a utilização do algoritmo que melhor se adapta à escala e ao propósito desejados. Para o desenvolvimento desses algoritmos foram consideradas tarefas específicas como simplificação e suavização, sem observar a necessidade do inter-relacionamento entre as mesmas (McMaster & Shea, 1992).

Segundo D'alge & Goodchild (1996), deve-se observar que quando se trabalha com dados cartográficos não apenas o inter-relacionamento entre as tarefas tem importância, mas, também, o relacionamento entre os próprios dados. Como exemplo disso pode-se citar que a generalização de curvas de nível deve, de algum modo, relacionar-se com a drenagem, pois as curvas definem a forma do relevo delineando a rede de drenagem existente na região observada. McMaster & Shea (1992), citam que uma das razões que permitem justificar o lento desenvolvimento da generalização está no fato de que os cartógrafos convencionais não se preocuparam em formalizar o conhecimento

sobre técnicas de generalização manual, uma vez que esta é realizada de forma empírica e baseada na experiência e no senso estético do cartógrafo, associados à finalidade do mapa.

Com a Organização da Comunidade cartográfica científica internacional como forma de estímulo e formalização de atividades de pesquisa em generalização, observam-se progressos em Generalização Cartográfica em trabalhos originados no *Working Group in Map Generalization* da Sociedade Cartográfica Internacional – ICA. Neste grupo de trabalho da ICA são realizados Seminários a cada dois anos. Estes progressos são avaliados pela comunidade cartográfica e os trabalhos apresentados estão disponíveis e relatados num dos sítios da Sociedade (<http://www.geo.unizh.ch/ICA/index.html>). Foram realizados seminários em Barcelona (Espanha) em 1995, Gavle (Suécia) em 1997, Ottawa (Canadá) em 1999, Barcelona (Espanha) em 2000, Beijing (China) em 2001, Ottawa (Canadá) em 2002 e em Paris (França) em 2003.

No Brasil os trabalhos que se destacam no meio acadêmico e que abordam o tema Generalização são: Generalização Cartográfica: *Proposta Metodológica para uma Transição de Escala Assistida por Computador*, que é uma dissertação realizada no Departamento de Transportes da Universidade de São Paulo (BERNARD, 1998), que trata da generalização automática de linhas e generalização manual, em ambiente computacional, dos outros elementos cartográficos; *Generalização Cartográfica em Ambiente Digital Escala 1:250.000 a partir de Dados Cartográficos Digitais na Escala 1:50.000*, dissertação realizada no Departamento de Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia (VIANNA, 1977), que trata do estabelecimento de uma forma de classificação de feições cartográficas que deverão constar na carta na escala 1:250.000 gerada a partir de dados de cartas analógicas na escala 1:50.000. A tese de doutorado em Ciências Geodésicas, *Generalização Cartográfica de Grades Retangulares Regulares Baseada na Teoria Matemática da Comunicação*, realizada na Universidade Federal do Paraná (FIRKOWSKI, 2002), aplica a Teoria da Comunicação ao problema de

generalização de representação da superfície topográfica por meio de MDT (Modelo Digital do Terreno) representado por grade retangular e a dissertação de mestrado em Engenharia Cartográfica realizada no Departamento de Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia, Generalização Cartográfica: *Determinação de Operadores e de Escalas Catastróficas*, (ISSMAEL, 2003) que explora quatro assuntos referentes a área de generalização: os conceitos e terminologias, os operadores de generalização, a modelagem do processo e as catástrofes cartográficas.

Observa-se que no cenário nacional os trabalhos de pesquisa científica sobre generalização cartográfica são realizados sobre o mapeamento em escalas pequenas. O processo de generalização cartográfica em escalas grandes é um tema que necessita de formalização de conhecimento, uma vez que oficialmente não existem normas de elaboração de mapeamento nacional para escalas grandes.

3.3 MODELOS CONCEITUAIS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

Na década de 80 foram propostos modelos para o processo de generalização cartográfica em meio digital, que serviram como base para o entendimento dos diversos aspectos do processo o que possibilita a definição das etapas envolvidas (VIANNA, 1997). Os modelos conceituais de generalização citados por McMaster & Shea (1992) são importantes porque trazem uma visão histórica do entendimento e desenvolvimento teórico da generalização cartográfica FIRKOWSKI (2002).

Um dos primeiros modelos propostos para o processo de generalização cartográfica, não motivado pela necessidade de automatização do processo, foi apresentado pelo cartógrafo, Lech Ratajaski, em seu trabalho intitulado, *"Phenomenes des points de generalisation"* (RATAJSKI, 1967 citado por McMASTER & SHEA, 1992). Neste modelo são identificados dois tipos de processos. Os processos **quantitativos**, que tratam da gradual redução do conteúdo do mapa em função da redução de escala, considerando que o conteúdo também será reduzido se for necessário aumentar a legibilidade do

mapa; e os processos **qualitativos**, que tratam da transformação de formas elementares de simbolização para formas mais abstratas, isto é, consiste na transformação das idéias mais elementares em mais gerais, determinando uma nova simbolização. O conceito principal deste modelo é o **ponto de generalização**, isto é, o ponto de redução de escala onde a capacidade do mapa diminui a um nível onde se faz necessária uma mudança de representação da feição. A capacidade de mudança em representar uma feição, no mapa pode ser representada por um triângulo, onde a base significa a capacidade máxima de generalização e na medida que sobe em direção ao o topo do triângulo o potencial de generalização diminui até a situação limite em que é necessário mudar o método de representação para a feição. Um exemplo pode ser um conjunto de casas individuais, representadas por símbolos pontuais, passar a ser representado por um símbolo de área, representativo de zona residencial ou urbana.

O Modelo de Morrison para generalização cartográfica foi apresentado em 1974 na *International Yearbook of Cartography*. Este modelo é baseado na Teoria de Conjuntos de Kantor. Neste modelo aparecem explicitamente os conceitos de **classificação**, **simplificação**, **simbolização** e **indução** propostas por ROBINSON e SALE (1969), citados por McMASTER & SHEA, (1992). O mapa produzido pelo cartógrafo contém elementos de um subconjunto da Realidade Sensorial do Cartógrafo. A aplicação deste modelo resulta num Mapa Físico que apresenta diferenças com a realidade sensorial visto que houve transformações de diferentes naturezas. Estas transformações são explicadas por Morrison na produção do mapa, a aplicação de um conjunto de transformações por meio de funções dos tipos: um para um (injetora); sobre (sobrejetora); ou ambas (bijetora). A classificação extrai ou filtra da realidade sensorial do cartógrafo aquelas informações de interesse para o mapeamento. Considerando a realidade sensorial do cartógrafo como um conjunto, a classificação pode ser considerada como uma função sobrejetora, pois de todos os elementos presentes apenas alguns serão representados e diferentes elementos serão considerados como de uma mesma classe, por exemplo,

rodovias estaduais e municipais podem ser classificadas como apenas rodovias.

O modelo conceitual de generalização mais detalhado e o que melhor se adapta à integração de sistemas especialistas é o modelo desenvolvido por BRASSEL e WEIBEL (1988), citados por McMASTER & SHEA, (1992). Este modelo destaca cinco atividades para o processo de generalização em ambiente digital que são: 1) **reconhecimento da estrutura**: identifica os objetos cartográficos específicos, ou agregação de objetos, bem como as relações espaciais e as medidas de importância. Esta atividade é controlada pela qualidade da base de dados original, pela escala do mapa a ser produzido, e pelas regras de comunicação; 2) **reconhecimento do processo**: identifica a operação de generalização necessária bem como o tipo de modificações dos dados e a seleção de parâmetros. Esta atividade determina o que será feito com o dado original, e quais os tipos de conflito a serem identificados e resolvidos, e os tipos de objetos e estrutura que serão considerados no mapa a ser produzido; 3) **modelagem do processo**: é a etapa onde os algoritmos, especificados para as operações identificadas, serão aplicados utilizando regras e parâmetros compilados da **biblioteca do processo**, onde estão armazenados as regras e procedimentos para a generalização; 4) **execução do processo**: é a etapa onde o processo de generalização é realizado; 5) **visualização dos dados**: última atividade do processo é a etapa, onde a base de dados generalizada é transformada no mapa desejado.

O modelo Nickerson e Freeman, (1986) introduz o conceito de mapa intermediário. O mapa original tem escala $1:m$, tamanho do símbolo a e a área dada pela largura (w) * altura (h). O mapa intermediário é composto por feições modificadas pelas operações: eliminação, simplificação, combinação e conversão de tipo e por símbolos modificados por exagero k , (McMASTER & SHEA, 1992). O processo de generalização cartográfica é dividido em cinco etapas. A primeira etapa consiste na execução das quatro operações que modificam as feições, gerando um mapa intermediário: **eliminar** as feições, no mapa original,

de forma a tornar proporcional a densidade das feições no mapa final; **simplificar** para reduzir o número de pontos necessários na descrição das feições; **combinar** formando novas feições; **converter** o tipo, isto é, converter polígono em ponto, polígono em linhas, etc. A segunda etapa consiste em dimensionar os símbolos ampliar (**exagerar**) seu tamanho segundo um fator k . Esta é a etapa que produz o mapa intermediário, na mesma escala e com a mesma área do mapa original, mas com a simbologia ampliada. Na terceira etapa são corrigidas as deformações causadas pela ampliação dos símbolos. As deformações percebidas são, principalmente, junção e sobreposição de símbolos que são corrigidos com as operações de relocação das feições e posicionamento dos símbolos. A quarta etapa consiste na redução de escala do mapa original obtendo, como resultado, um mapa já nas dimensões desejadas. A quinta etapa prevista consiste no posicionamento dos nomes no mapa. O resultado deste conjunto de etapas deve ser um mapa final generalizado na escala $1:km$, com símbolo de tamanho a , e área $(w \cdot h)/k$.

3.4 MODELO DE McMASTER & SHEA

O Modelo de McMaster & Shea proposto em 1988 é o primeiro modelo conceitual bastante abrangente de generalização, baseado na filosofia da generalização no domínio digital (McMASTER & SHEA, 1992). Neste modelo, o processo de generalização é decomposto em três componentes: (a) considera os objetivos filosóficos, que indica o **porque** generalizar; (b) as condições que estabelece, **quando** se deve generalizar; (c) estabelece a seleção de transformações espaciais e de atributos que indicam **como** generalizar.

A primeira componente, **(a) Objetivo Filosófico**, inicia-se pela apresentação das razões para se realizar a generalização, e é decomposta em três elementos: teórico, específico da aplicação e computacional (FIGURA 3.9): (a1) Os *Elementos Teóricos* guiam a necessidade do processo de generalização cartográfica, em meio digital, neutralizando os efeitos de redução de escala; (a2) Os *Elementos Específicos da Aplicação* definem as necessidades para a apresentação final do mapa, sejam eles impressos ou exibidos na tela; (a3) Os *Elementos Computacionais* equilibram as

necessidades do mapa e os requisitos dos recursos computacionais disponíveis.

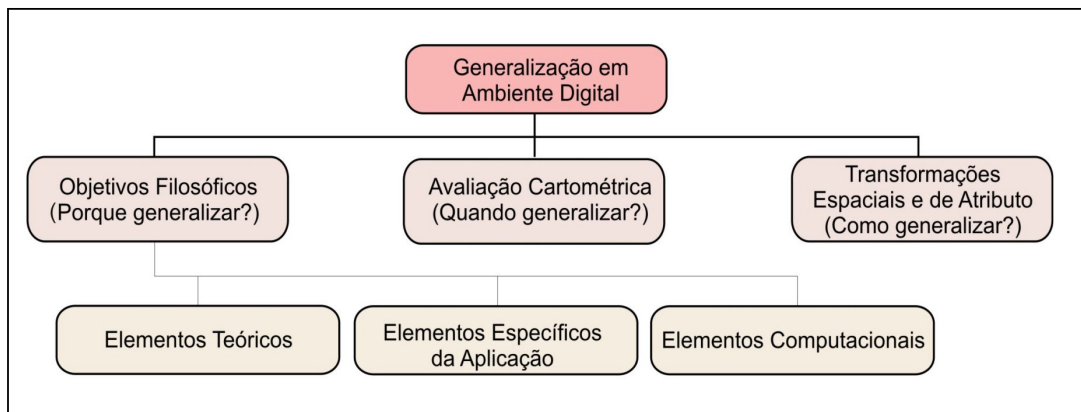


FIGURA 3.9 - Objetivos Filosóficos
FONTE: Adaptado de McMASTER E SHEA, (1992)

- (a1) Elementos Teóricos

Para orientar o processo de generalização no domínio digital, seis elementos teóricos podem ser distinguidos:

Redução de Complexidade. Complexidade é uma medida da interação visual dos vários elementos gráficos dentro de um mapa. A eficiência da comunicação depende da quantidade e da diversidade dos elementos gráficos. Verifica-se a complexidade quando a escala é reduzida e as feições se tornam desorganizadas na aparência (FIGURA 3.10). Talvez o problema mais difícil de generalização cartográfica no modo digital seja a identificação, análise, e a definição de níveis de complexidade apropriados.

A razão para isso está na necessidade da realização de muitas transformações espaciais e de atributos iterativamente e simultaneamente.



FIGURA 3.10 - Redução de Complexidade
FONTE: McMASTER & SHEA, (1992)

Manutenção da Acurácia Espacial. Em mapas de escala pequena a manutenção da relação verdadeira entre elementos representados e seus correspondentes no mundo real é impraticável, uma vez que as generalizações acarretam em uma redução na quantidade de feições representadas. A intenção de manter a acurácia espacial é clara e mensurável, pois a acurácia espacial está diretamente relacionada ao deslocamento entre a feição original e a generalizada (FIGURA 3.11). Este deslocamento é a diferença planimétrica entre as posições das duas representações, e pode ser avaliada por medidas de deslocamento de área ou vetorial, tratadas por McMASTER, (1986, citado por McMASTER & SHEA, 1992). Uma das metas da generalização é limitar o erro de deslocamento entre cada feição e sua representação generalizada.

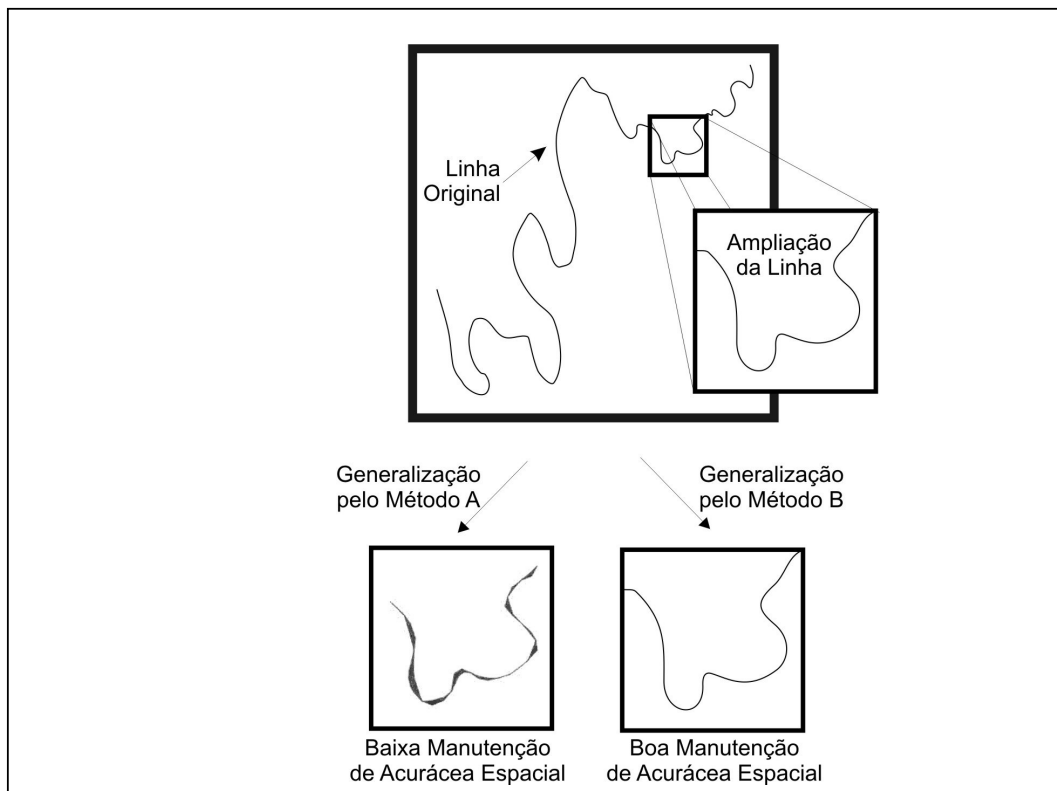


FIGURA 3.11 - Exemplos de Manutenção de Acurácia Espacial
 FONTE: McMASTER & SHEA, (1992)

Manutenção da Acurácia de Atributo. A manutenção da acurácia de atributo é puramente numérica em natureza e envolvem tanto análise estatística quanto métodos de classificação. É mais importante em mapeamento temático do que em mapeamento topográfico. A manutenção da acurácia de atributo está relacionada com a minimização das alterações não intencionais dos atributos das feições, como por exemplo, quando se têm duas áreas adjacentes com dois tipos diferentes de solo e que, no entanto em uma classificação mais geral podem ser ditos como iguais por serem derivados de um tipo comum, pois estas alterações na classificação afetarão suas representações espaciais (FIGURA 3.12).

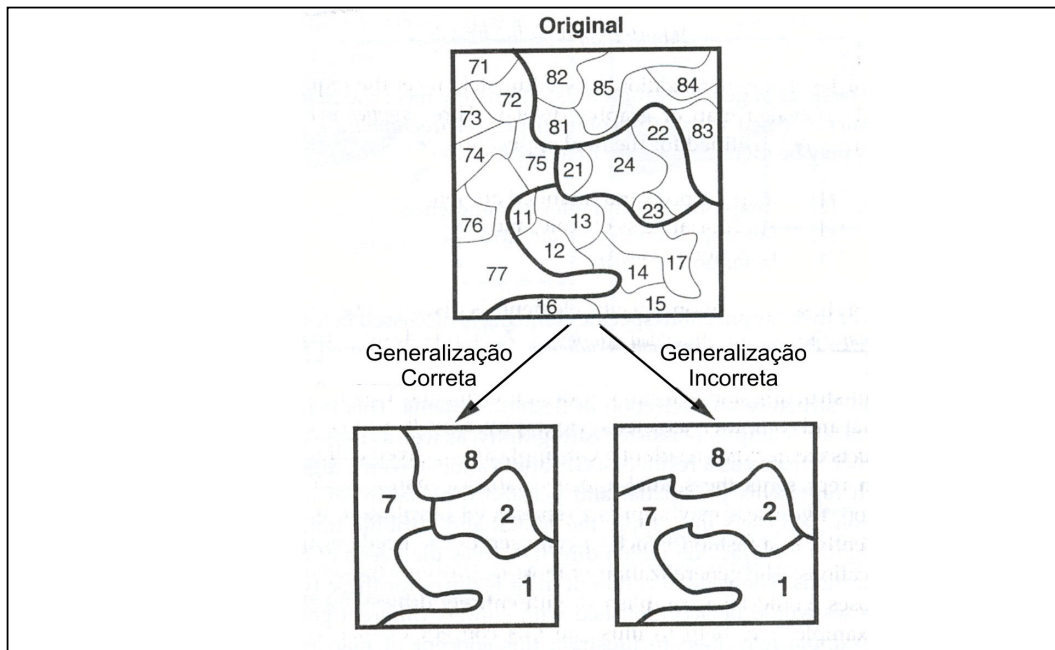


FIGURA 3.12 - Exemplos de Manutenção de Acurácia de Atributo
 FONTE: McMASTER & SHEA, (1992)

Manutenção da Qualidade Estética. A manutenção da qualidade estética é um aspecto importante visto que a geração de uma visualização visa a comunicação. O aspecto de projeto cartográfico forma uma das bases da cartografia, e a redução de escala não podem diminuir a qualidade estética determinada para o produto original. A qualidade estética geral de um mapa depende dos fatores: relacionamento imagem-terreno, equilíbrio geral, *layout*, estilos e posicionamento da tipografia, e cor ou tons de cinza. São empregados alguns operadores com o propósito de manter a qualidade estética. Estes operadores são baseados em algoritmos de suavização para compensar as indesejáveis consequências da digitalização, e a aplicação de rotinas de deslocamento para prevenir uma coalescência confusa de detalhes lineares.

Manutenção de uma Hierarquia Lógica. Deve existir uma hierarquia lógica dos elementos apresentados num mapa. As cidades maiores devem ser mais proeminentes do que as cidades menores, as estradas federais devem ser mais proeminentes do que as estradas estaduais ou municipais. Fazendo uma abordagem por tipo de feição isolada esta hierarquia pode parecer algo

trivial, no entanto, tratando de um mapa completo, com todos os seus elementos, as decisões acerca de determinar a hierarquia já não são tão evidentes, surgindo a necessidade de abordar a generalização de forma holística. A importância de uma categoria de feição particular não implica na importância ou proeminência dentro de toda a imagem do mapa. O maior determinante da hierarquia gráfica dentre as feições é o propósito do mapa.

Aplicação Consistente das Regras de Generalização. Existe uma grande parcela de subjetividade no processo de generalização que a automação do processo não é capaz de remover ou imitar. Segundo McMaster & Shea (1992), normalmente na generalização digital ocorre mais variação na seleção e aplicação de algoritmos do que na generalização manual. Para obter generalizações consistentes e isentas de julgamento subjetivo, o cartógrafo deve tratar três aspectos: 1) o(s) algoritmo(s) a usar; 2) sua ordem de aplicação; e 3) o parâmetro necessário para uma dada escala. Desse modo é possível alcançar um resultado mais isento de avaliação subjetiva, no entanto requer informação adicional. O que se entende por aplicação consistente de regras de generalização é a geração de produtos coerentes e equiparáveis numa nova escala seja qual for a escala original.

Dos elementos teóricos apresentados, poucos podem ser completamente quantificados e satisfeitos com a tecnologia computacional corrente (McMASTER & SHEA, 1992). A acuracidade espacial e de atributo podem ser mantidas, pois dependem de operações analíticas, no entanto, a manutenção da qualidade estética, a manutenção de hierarquia lógica, e as aplicações consistentes de regras podem ocorrer parcialmente. A razão para isso está na natureza holística e perceptiva da análise que deve ser realizada para sua realização. A utilização da teoria da informação pode ser útil na redução da complexidade, na manutenção da qualidade estética e na aplicação consistente de regras de generalização (BJORKE 1996, citado por FIRKOWSKI, 2002).

- (a2) Elementos Específicos da Aplicação

A aplicação a que se destina o produto traz para discussão três elementos relacionados com a razão para generalizar. O *propósito* e o *público alvo*, a *adequação da escala* e a *preservação da legibilidade*.

A derivação de um mapa por generalização deve considerar o *público alvo*, visto que a utilização da informação veiculada justifica a sua geração. O conteúdo do novo mapa deve satisfazer às necessidades do usuário, e os dados representados serão escolhidos do conjunto de dados disponíveis, portanto pela realização de um processo de classificação e seleção.

O *propósito do mapa* deve ser compatível com a *escala do novo mapa*, visto que devem ser apresentadas todas as feições de interesse do usuário. Como a escala determina a quantidade de informação a ser representada existe uma dependência entre propósito e escala. Relacionada a quantidade de detalhe mantido após a generalização aparece a Lei de Töpfer ou lei de uniformidade, que envolve o número de feições tanto na escala original quanto na escala generalizada e proporciona uma medida convincente de quantas feições deveriam ser mantidas, mas negligencia a importante seleção e distribuição de entidades específicas, e não trata a densidade local das feições (TÖPFER & PILLEWIZERR'S, 1966 citado por McMASTER & SHEA, 1992).

Em função da legibilidade da representação, a generalização deverá operar na seleção, estética, hierarquia, propósito e na acuidade visual do usuário. Todos estes elementos têm interferência direta sobre o produto que sofre redução de escala. A *preservação da legibilidade* pode ser alcançada pelo uso de uma variedade de operadores de generalização.

Atingir a generalização para apoiar um propósito cartográfico especial e um público alvo específico é um objetivo alcançável. Segundo McMaster & Shea (1992), a eficiência com que um autor de um mapa pode comunicar a informação geográfica pode ser limitada por sua deficiência substancial de conhecimento básico de referência geográfica, e pela variação de percepção do mapa pelos usuários.

- (a3) Elementos Computacionais

A aplicação de diferentes algoritmos em situações idênticas pode variar o tempo de processamento e a qualidade da generalização. A razão computacional está, principalmente, centrada no armazenamento de dados, que está diretamente relacionada com o tempo de processamento. Quanto maior o nível de detalhe de uma feição maior será o espaço requerido para o seu armazenamento e também maior será o tempo de processamento necessário para o seu tratamento.

O desenvolvimento de sistemas computacionais tem mostrado, ao longo do tempo, que os custos de *hardware* tem baixado, tem aumentado rapidamente a velocidade de processamento, e o armazenamento tem tido a capacidade e a variedade aumentada. Com isso tem diminuído a importância dos elementos computacionais, exceto para aqueles grandes sistemas em que o ciclo de atualização tecnológica ocorre a intervalos de tempo maiores e cujos custos são elevados.

O volume de armazenamento pode diminuir pela redução da quantidade de informação de coordenadas necessárias para representar a entidade espacial, e pela utilização de estruturas de dados mais compactas. Nos dois casos procura-se manter o máximo de informação com o mínimo de requisitos de armazenamento. Os nomes relacionados a pesquisa na direção da redução de dados são segundo McMaster & Shea (1992), McMaster 1989, 1987a, 1987b, 1986, 1983a; Jenks 1989, 1981; Dunham 1986; Deveu 1985; Boyle 1970; Lang 1969. Embora não seja considerado como componente do processo de generalização, a redução de estruturas dos dados pode afetar a seleção e a aplicação de operadores de generalização específicos.

Portanto, dentre os objetivos filosóficos, ou razões de porque generalizar, os elementos mais importantes são aqueles relacionados com a manutenção dos princípios de comunicação cartográfica, à satisfação do usuário e aos aspectos tecnológicos de sistemas de computação que são consequência de um estágio tecnológico.

(b) Avaliação Cartométrica é a componente em que deve ocorrer a análise da etapa na qual a generalização cartográfica é requerida para que um mapa atinja seu propósito, ou seja, **quando** realizar a generalização. Os elementos relacionados com a avaliação cartométrica são de extrema importância, pois determinam as condições que demandam operações de generalização (FIGURA 3.13). Esta componente é dividida em três partes: *(b1) Condições Geométricas, (b2) Medidas Espaciais e Holísticas e (b3) Controles de Transformações.*

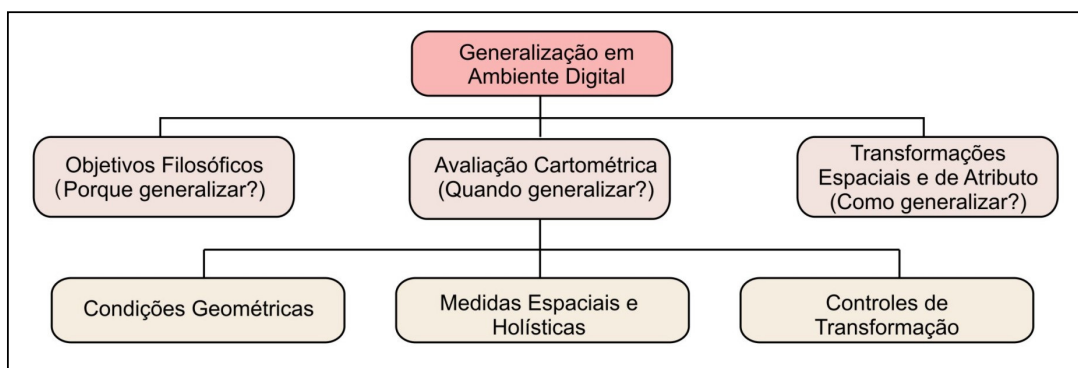


FIGURA 3.13 - Avaliação Cartométrica
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA, (1992)

- (b1) Condições Geométricas

As Condições Geométricas determinam a necessidade de generalização. Segundo McMaster & Shea (1992), são seis as condições que podem ocorrer quando a escala é reduzida (*congestão, coalescência, conflito, complicação, inconsistência e imperceptibilidade*).

Ocorre o *Congestionamento* quando a redução de escala implica em uma grande densidade de dados por área do mapa. A consequência é uma superlotação de símbolos pela alta densidade de feições que pode prejudicar o aspecto de comunicação de um mapa. A solução está na aplicação de operadores de generalização de classificação e seleção. A eficiência do mapa como meio de comunicação pode ser melhorada aplicando um ou mais operadores de generalização, com a finalidade de amenizar os efeitos de congestionamento.

O processo de redução de escala provoca em alguns casos uma aproximação excessiva entre as feições, a este efeito dá-se o nome de *Coalescência*. As feições se tocam ou se fundem, e prejudicam a comunicação. Isso pode ser detectado visualmente ou por meio dos dados, e ocorre porque a distância que separa as feições é menor do que a resolução do dispositivo de saída, ou como consequência do processo de simbolização. A existência de coalescência pode ser detectada e deve ser tratada antes da redução de escala.

O *Conflito* é detectado como uma incompatibilidade entre a feição representada e o seu fundo. Por exemplo, quando existe uma estrada que cruza um rio por meio de uma ponte e o rio não será representado na nova escala. A consequência é que a representação da estrada é mantida juntamente com a ponte e o rio já não é mais representado. A solução para este conflito é a remoção do símbolo de ponte.

A detecção de *Complicação* ou *Dificuldade* resulta da dependência que o processo de generalização pode ter de condições específicas que existem num dado ponto no tempo. A complicação é caracterizada como a ambigüidade em desempenho ou na aplicação de técnicas de generalização como função daquelas condições específicas. Os resultados da generalização podem considerar muitos fatores, dentre eles: complexidade dos dados espaciais, temporalidade, seleção da técnica da iteração e seleção de níveis de tolerância. O uso de definições de estruturas de identificação de linhas, baseada na sua geometria como modo de controlar o processo de generalização linear é proposto por BUTTENFIELD, (1991) citado por McMASTER & SHEA, (1992).

A *Inconsistência* é caracterizada pela aplicação não uniforme das decisões que acarretam operações de generalização ao longo de uma dada região mapeada. Um exemplo de inconsistência surge quando se omitem edificações individuais em um mapa de escala pequena. Nos mapas de escala pequena as edificações isoladas só aparecem em áreas rurais, nas áreas urbanas as edificações são agregadas e representadas como uma área que é simbolizada com uma cor rosa. Como neste caso, a inconsistência não é

sempre uma condição indesejável e pode ser usada para realçar ou degradar uma porção específica da imagem mapeada.

A redução de escala pode acarretar mudança das dimensões de feições representadas de modo que esteja abaixo do tamanho mínimo representável no mapa. A este efeito se denomina *Imperceptibilidade*. A solução é remover, ampliar ou exagerar, ou converter a aparência da feição no seu estado atual para outro estado – por exemplo, a combinação de um conjunto com muitas feições pontuais em uma feição única de área (LEBERL 1986, citado por McMASTER & SHEA, 1992). A imperceptibilidade é uma das operações mais dominantes no processo de generalização.

As situações geométricas descritas quando identificadas demandam a aplicação de operadores do processo de generalização. No entanto algumas questões permanecem sem resposta. Como são realizadas as constatações das situações geométricas indesejáveis? São funções matemáticas? Se sim, quais são os parâmetros que orientam sua aplicação. Visto que muitos fatores poderiam ser identificados visualmente como considerar a influência da simbologia adotada? Existe um alto grau de subjetividade envolvido do processo de identificação e das condições geométricas.

- (b2) Medidas Espaciais e Holísticas

As respostas a algumas das questões acima podem ser alcançadas pela aplicação de procedimentos cuja finalidade é proporcionar uma quantificação de alguma grandeza que possibilite a identificação de condições geométricas já descritas. O que se pode realizar são medidas que permitam inter e intra-relacionamentos. Os relacionamentos podem envolver mais de uma feição ou podem ser detectados entre feições do mesmo tipo. Segundo McMaster & Shea (1992) as medidas propostas/relacionadas em seu modelo conceitual não forma o conjunto definitivo de medidas possíveis sobre dados, mas servem como início para a discussão de tais avaliações CATLOW & DU, 1984; CHRIST, 1976; DUTTON, 1981; McMASTER, 1986; ROBINSON et al. 1978 citados por McMASTER & SHEA (1992).

As Medidas espaciais e holísticas são medidas condicionais observadas quando são feitas avaliações não só dos elementos individualmente, mas, também, do relacionamento entre dois ou mais elementos. McMaster & Shea (1992), citam sete medidas como início da avaliação de quando um mapa necessita de generalização: *de densidade, de distribuição, de comprimento e sinuosidade, de forma, de distância e medidas abstratas baseada na teoria de Gestalt*.

Medidas de Densidade são usadas para avaliar relacionamentos multi-feições, e podem incluir um índice como um número de feições de ponto, linha ou área por unidade de área; densidade média de feições de ponto, linha ou área; ou número e posição de agrupamentos de feições de ponto, linha ou área.

Medidas de Distribuição, uma avaliação da distribuição total do mapa é proporcionada pelas medidas de distribuição. Para feições pontuais podem-se usar medidas de dispersão, aleatoriedade e agrupamento. A quantização da complexidade de uma rede de drenagem pode ser um exemplo de medida de distribuição para feições lineares. Neste caso a variação angular por unidade de comprimento pode ser utilizada para orientar o algoritmo que realizará a simplificação durante a generalização. Para as feições de área, uma possível medida de distribuição pode ser a comparação de distâncias relativas a uma feição ou a uma posição comum.

Medidas de Comprimento e Sinuosidade, para as feições lineares únicas ou para limites de áreas existem as medidas de comprimento e sinuosidade. A quantificação de comprimento poderia ser apresentada em medidas como: o número total de coordenadas; comprimento total; número médio de coordenadas ou desvio – padrão das coordenadas por unidade de comprimento. As medidas de sinuosidade consistem em: variação angular total; variação angular média por unidade de comprimento; variação angular média por ângulo; soma de ângulos positivos ou negativos; número total de ângulos positivos ou negativos; número total de cristas positivas ou negativas; número total de cristas; comprimento médio das cristas sugerido por McMASTER (1986), citado por McMASTER & SHEA, (1992).

Medidas de Forma, segundo Christ (1996), citado por McMaster & Shea (1992), as medidas de forma são úteis na definição de quando uma feição de área pode ser representada numa nova escala. A quantificação de forma pode ser realizada em feições simbolizadas ou não. As componentes mais importantes da descrição da forma são o comprimento e a orientação geral do polígono e a sinuosidade de seu contorno, mas muitas outras formas de medidas podem ser usadas: geometria das feições de ponto, linha ou área; o perímetro da área; centróide da linha ou área; variância de coordenadas x,y da área; co-variâncias de coordenadas x,y da área e desvio-padrão de coordenadas x,y da área, (BACHI 1973, citado por McMASTER & SHEA, 1992).

Medidas de Distância, as medidas de distância consistem de cálculos realizados usando posições das formas geométricas básicas como ponto, linha e área. São de interesse a menor distância perpendicular ou a menor distância Euclidiana entre elas. Para o caso de dois pontos existem apenas três diferentes cálculos de distância: (1) de ponto-a-ponto; (2) *buffer* de ponto-a-*buffer* de ponto; (3) *buffer* de ponto-a-ponto. O *buffer* de ponto consiste de um conjunto de pontos que limitam a região em torno de um ponto que será ocupada pela simbologia. Do mesmo modo existe um *buffer* para linhas e áreas (DANGERMOND 1982, citado por McMASTER & SHEA, 1992). Estas determinações podem indicar se existe algum problema na generalização, se as feições ou seus respectivos *buffers* estão em conflito por redução de escala.

Medidas de Gestalt, as medidas de Gestalt consistem de avaliação do emprego da teoria Gestalt na indicação de características perceptíveis das distribuições de feições através de um isoformismo – ou seja, os relacionamentos que existem entre um padrão de estímulo e a expressão que transmite (ARNHEIM 1974, citado por McMASTER & SHEA, 1992). Exemplos simples deste relacionamento são: fechamento, continuação, proximidade e similaridade (WERTHEIMER 1958, citado por McMASTER & SHEA, 1992). Embora a existência destas características Gestalt seja bem documentada, têm sido desenvolvidas poucas técnicas que poderiam servir para identificá-las com acurácia (McMASTER & SHEA, 1992).

Medidas de Abstração, as medidas de abstração ajudam a avaliar a natureza conceitual das distribuições espaciais. Possíveis medidas de abstração podem ser: complexidade, homogeneidade, simetria, repetição e recorrência. Mesmo que a existência destas características abstratas seja bem documentada, assim como as medidas as Medidas Gestalt, têm sido desenvolvidas poucas técnicas que poderiam servir para identificá-las com acurácia. A forma de avaliar as medidas espaciais e holísticas deve ser implementada de tal modo que sirvam de base para a tomada de decisão acerca da seqüência de operadores de generalização a aplicar.

- (b3) Controle das Transformações

A generalização é realizada por meio da aplicação de operadores cuja responsabilidade é realizar transformações. Os três controles principais de transformações são: *seleção de operador*, *seleção de algoritmo*; e *seleção de parâmetros*. Os operadores são separados em duas categorias, conforme o tipo de dados que tratam, e podem atuar em dados de geometria ou em dados de atributo. Segundo McMaster & Shea (1992), a ordem em que os operadores de generalização são aplicados se torna tão crítica quanto a seleção dos algoritmos usados por aqueles operadores. O parâmetro necessário de entrada para se chegar a um determinado resultado em uma dada escala desempenham um papel significativo ao afetar as transformações de generalização.

A *seleção de operadores* de generalização deve considerar: a) a importância das feições individuais (isto está relacionado com o propósito do mapa e com o público alvo); b) a complexidade dos relacionamentos entre feições, tanto no que diz respeito à relação entre os mesmos tipos de feição, como com relação aos demais tipos de feições; c) a presença e a influência resultante da desordem do mapa sobre a eficiência de sua comunicação; d) a necessidade de variar a quantidade, o tipo e a ordem da generalização em diferentes feições; e) a disponibilidade e robustez dos operadores de generalização e os algoritmos computacionais (McMASTER & SHEA, 1992). Deve-se ressaltar que a *seleção de operadores* de generalização embute o relacionamento/dependência entre as feições e sua origem diferente, e isso

acentua a complexidade no estabelecimento de sequenciamento e integração de operadores.

Durante a fase de *seleção de algoritmos* devem ser identificadas as condições iniciais, e dentro do que se espera como resposta definir que algoritmo(s) pode(m) alcançar êxito. Existe uma dependência entre o algoritmo selecionado e o resultado de generalização produzido. Assim a seleção de parâmetros para execução do algoritmo está vinculada à situação de sua aplicação. Apenas recentemente os relacionamentos entre seleção de algoritmos e resultados perceptíveis, as implicações da ordenação de algoritmos e a relação entre algoritmos e características, passaram a ser considerados (McMASTER & SHEA, 1992).

A *seleção do parâmetro* de entrada (tolerância) provavelmente resulta em mais variação no resultado final do que os operadores e algoritmos de generalização (McMASTER & SHEA, 1992). Além das orientações muito básicas sobre a seleção de pesos para rotinas de suavização e derivação de linhas simplificadas, como descrito acima, não existem trabalhos empíricos para outras rotinas de generalização. Uma exceção recente a esse tema são os trabalhos de Bittenfield (1991, 1986 e 1985) citados por McMaster & Shea (1992) que estão direcionados para a quantificação de informação contida em linhas digitalizadas.

c) Transformações Espaciais e de Atributos é a componente que trata das operações de modificação dos dados. As modificações são denominadas de transformações a que os dados são submetidos para produzir novos dados ou dados derivados, cuja composição total na nova escala permite visualizar um mapa generalizado. As transformações Espaciais e de Atributos são a componente “**como**” da generalização. As modificações são executadas por algoritmos que são a realização de conceitos de operadores de generalização. Segundo McMaster & Shea (1989) citados por Shea & McMaster (1992), estes operadores são versões computacionais dos procedimentos da generalização manual. Existem operadores para tratar dados geométricos e operadores para tratar dados de atributos (FIGURA 3.14). Há situações em que estes operadores são tratados de forma isolada e há situações em que os operadores devem necessariamente ser tratado de forma

dependente. Nestes últimos casos existe alguma interdependência em sua aplicação pela natureza dos dados e pelos relacionamentos existentes.

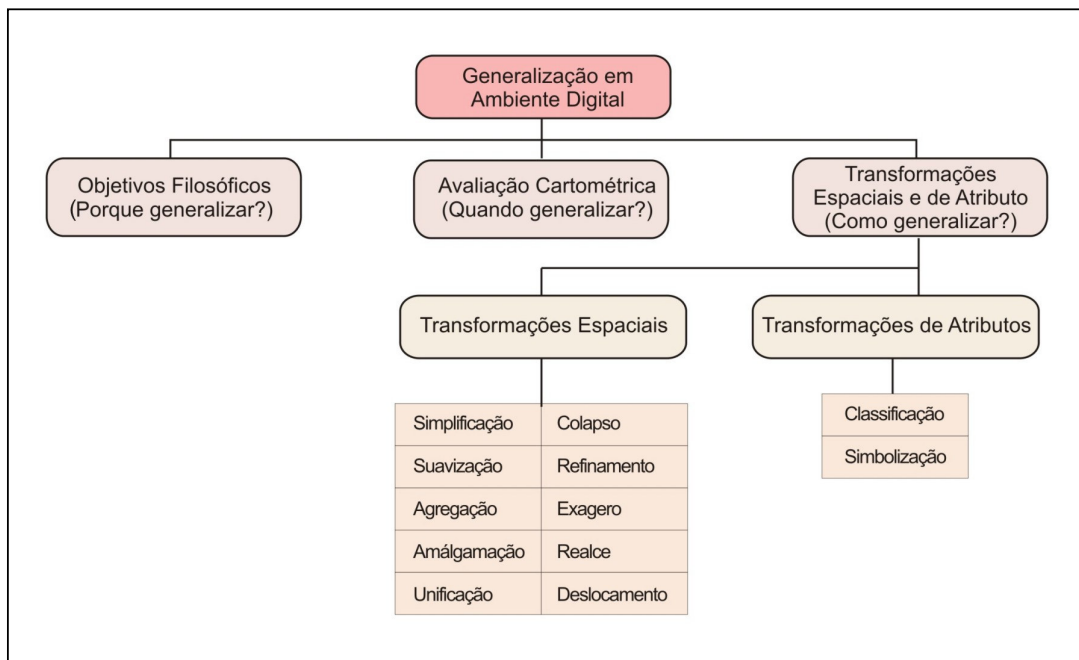


FIGURA 3.14 - Transformações Espaciais e de Atributos
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA, (1992)

- (c1) Transformações Espaciais

As Transformações Espaciais são realizadas pelos operadores que alteram a representação dos dados digitais do ponto de vista geográfico e/ou topológico, são os operadores de: *simplificação*, *suavização*, *agregação*, *amalgamação*, *união*, *colapso*, *refinamento*, *exagero*, *realce*, *deslocamento*. (McMASTER & SHEA, 1992).

Simplificação: esse operador surgiu na cartografia digital para resolver problemas de representação de feições digitalizadas de forma a manter a acurácia de sua representação (forma, localização e característica). Com o operador de *simplificação* serão selecionadas as características, ou a forma descritiva para manter ou rejeitar os pontos redundantes considerados desnecessários para representar as características das linhas. Segundo McMaster & Shea (1987), citados por McMaster & Shea, (1992) a simplificação tem como benefício: a redução no tempo de impressão, uma definição melhor

da linha devido à alta velocidade de impressão, a redução de armazenamento, e a redução de problemas de resolução dos *plotters* devido à mudança de escala, e possibilita a conversão vetorial para matricial mais rapidamente. Um exemplo das conseqüências da simplificação pode ser verificado na FIGURA 3.15, em que uma linha composta por 11 pontos sofre simplificação e não tem a sua característica, nem sua forma alteradas. O exemplo mostra a escala original e a escala 50% menor.

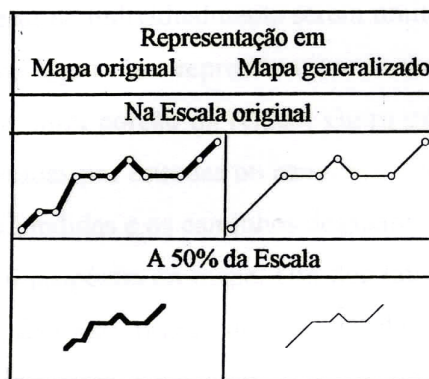


FIGURA 3.15 - Exemplo de aplicação do operador de simplificação
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

Os operadores de *suavização* atuam sobre a linha deslocando pares de coordenadas de modo a remover pequenas perturbações, e manter apenas as tendências mais significativas da linha. Segundo Töpfer E Pillewiser (1966), citado por McMaster & Shea (1992), a aplicação deste operador reduz a forte angulosidade produzida durante o processo de digitalização. Estes operadores essencialmente produzem um conjunto de dados derivado que apresenta uma aparência mais suave e agradável obtida pelo deslocamento de coordenadas da linha. Na FIGURA 3.16, mostra-se um exemplo do resultado da aplicação de um operador de *suavização* para a linha simplificada.

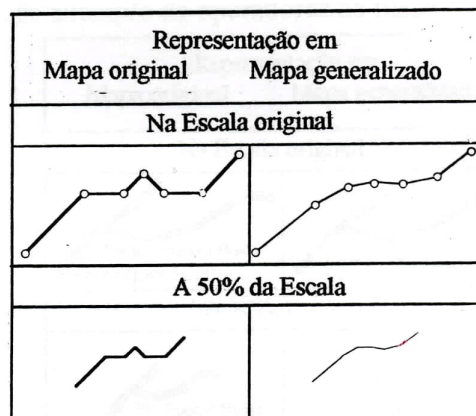


FIGURA 3.16 - Exemplo da aplicação do operador de suavização
 FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

Os operadores de *agregação*, *amalgamação ou fusão*, e *unificação*, são similares, pois têm a finalidade de agrupar feições. A diferença entre os três está na dimensionalidade dos dados com os quais operam. O operador de *agregação* procura representar como uma área contínua um grupo de feições de pontos individuais que são próximas. Na FIGURA 3.17 tem-se um exemplo de utilização do operador de *agregação*, em que as representações pontuais ou adimensionais de diversas ruínas são agrupadas em um símbolo de área para que na nova escala de representação permaneçam visíveis (McMASTER & SHEA, 1992).

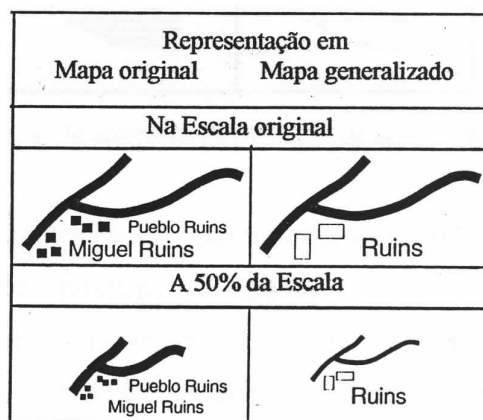


FIGURA 3.17 - Exemplo da aplicação do operador de agregação
 FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

O operador de *amalgamação ou fusão* procura agrupar unidades polígonos contíguos e eliminar os espaços entre eles. Por isso opera com

feições de área, é bidimensional. Por meio da *amalgamação* ou *fusão* podem-se agrupar elementos de área numa nova representação de modo a preservar a característica da região após a redução de escala. Um exemplo do uso de *amalgamação* ou *fusão* pode ser a redução de escala de uma região onde há uma alta densidade de lagos. Para manter a característica da densidade de lagos apesar de individualmente serem muito pequeno na escala reduzida, pode-se fundir diversos lagos num conjunto representativo, e outros lagos em outro conjunto representativo de outra porção da região.

Um outro exemplo que está apresentado na FIGURA 3.18 é a presença de áreas florestais que são cruzadas por estradas ou caminhos. No caso de redução de escala as áreas florestais serão fundidas e os caminhos desaparecerão, a menos que os caminhos sejam relevantes para o propósito do mapa. Um dos fatores limitantes desse processo é que não há regra fixa para o grau de retenção de detalhes que serão representados em várias escalas; o usuário final deve definir o que é mais importante representar. Este operador é extremamente apropriado para as necessidades da maioria das aplicações cartográficas.





Representação em	
Mapa original	Mapa generalizado
Na Escala original	
	
A 50% da Escala	
	

FIGURA 3.18 - Exemplo da aplicação do operador de amalgamação
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

Na operação de *unificação* procura-se agrupar feições lineares paralelas muito próximas, é um operador unidimensional, ou de linha. O exemplo mais comum de *unificação* ocorre com estradas em que as suas várias faixas têm representação numa escala e que numa escala reduzida provocam aumento de

densidade e coalescência, forçando assim, uma redução no número de elementos lineares característicos da feição. Na FIGURA 3.19 está ilustrado o exemplo de um pátio ferroviário onde diversas linhas férreas paralelas são representadas numa escala e a coalescência é resultante da redução de escala, e nas duas escalas é representado o efeito da aplicação do operador de *unificação*.

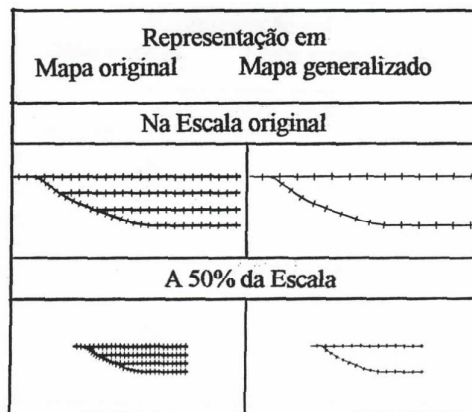


FIGURA 3.19 - Exemplo da aplicação do operador de unificação
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

O operador de *colapso* trata das situações em que sob redução de escala as feições acabam sofrendo mudança dimensional. Na presença de redução de escala as feições de área podem eventualmente ter de ser representadas como pontos ou linhas. A decomposição de feições de linha e área em feições de ponto, ou feições de área em feições de linha, é um processo comum de generalização. Exemplos de *colapso* podem ser percebidos na redução de escala nas representações: de áreas urbanas, aeroportos, rios, lagos e ilhas, freqüentemente representados como feições de área em mapas de escalas grandes, estas podem se tornar feições de ponto ou linha em escalas menores e as tolerâncias de área freqüentemente orientam estas transformações, (FIGURA 3.20). O operador de *colapso* pode ser aplicado a partes de feições.

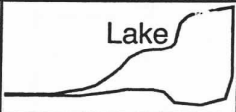
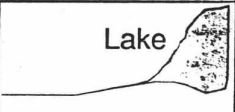
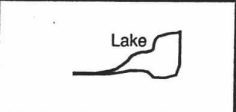
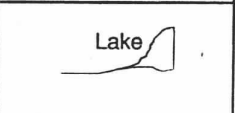
Representação em Mapa original Mapa generalizado	
Na Escala original	
	
A 50% da Escala	
	

FIGURA 3.20 - Exemplo da aplicação do operador de colapso
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

O operador de *refinamento* atua na redução de detalhes excessivos, sem perder a característica da representação. É utilizado nos casos em que as feições são muito numerosas ou muito pequenas para ser representada na escala final, e neste caso apenas uma seleção de símbolos e de padrões são apresentados. Normalmente as feições menores ou aquelas que acrescentam pouca informação à característica geral da distribuição são excluídas. Segundo McMaster & Shea (1992) este processo de refinamento mantém as características gerais das feições em casos de grande redução de complexidade. Na FIGURA 3.21 tem-se um exemplo de aplicação do operador de *refinamento* a uma rede de drenagem. Pode-se perceber, na nova representação, uma redução da densidade de ramificações e a manutenção da forma geral da rede.



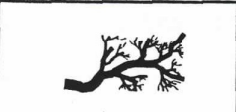
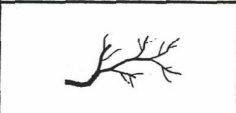
Representação em Mapa original Mapa generalizado	
Na Escala original	
	
A 50% da Escala	
	

FIGURA 3.21 - Exemplo da aplicação do operador de refinamento
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

O operador *exagero* é utilizado quando uma feição sofre redução e desaparece ou sua dimensão se torna abaixo da resolução do sistema de visualização, e, no entanto sua representação é imprescindível ao conjunto de feições do mapa. Na realidade muitos elementos do mapa devem ser exagerados porque suas reais dimensões na escala do mapa não admitem representação de modo que sejam satisfeitos os requisitos do público alvo. Uma consequência da ação de um operador de *exagero* pode ser o conflito, situação em que a ação de um operador de *deslocamento* será necessária, como relatado por CALDWELL, ZORASTER e HUGUS (1984), citados por McMASTER & SHEA, (1992).

Um exemplo de *exagero* é mostrado na FIGURA 3.22, em que o canal da entrada de uma baía é de tal modo reduzido como efeito da redução de escala que perde o sentido de forma de acesso à baía, o operador de *exagero* devolve esta característica.

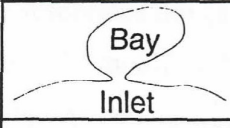
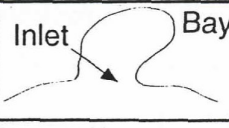
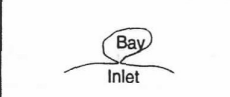
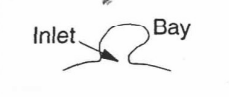
Representação em	
Mapa original	Mapa generalizado
Na Escala original	
	
A 50% da Escala	
	

FIGURA 3.22 - Exemplo da aplicação do operador de *exagero*
 FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

O operador de *realce* trata da componente de simbolização e não com as dimensões espaciais das feições embora exista algum realce espacial. Após a redução de escala os símbolos proporcionais podem não ser identificados na escala do mapa, então é uma prática comum alterar o tamanho físico e a forma destes símbolos. Um exemplo está demonstrado na FIGURA 3.23, em que o

delineamento de uma ponte sobre uma estrada existente, apresentada por uma série de linhas sobrepostas, pode representar uma feição com uma distância de terreno muito maior do que a real. Este *realce* de simbologia aplicado não é para exagerar seu significado, mas apenas para alcançar a representação da simbologia associada.

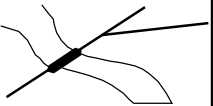
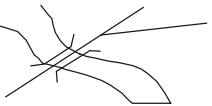


Representação em Mapa original Mapa generalizado	
Na Escala original	
	
A 50% da Escala	
	

FIGURA 3.23 - Exemplo da aplicação do operador de realce
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

O operador *deslocamento* é aplicado quando duas ou mais feições estão em conflito por proximidade, superposição, ou coincidência. Para que todas as feições possam ser representadas deve haver deslocamento entre as feições de modo que possam ser representadas e simbolizadas respeitando a distância mínima requerida pelo aspecto de legibilidade (FIGURA 3.24). A operação de *deslocamento* implica em outra questão relativa a acuracidade, visto que as feições ao serem deslocadas na representação provocam erro de interpretação. Este problema não é exclusivo da aplicação do operador de *deslocamento*, via de regras as feições lineares tais como estradas são normalmente exageradas e também transmitem falsa idéia de dimensão, e os próprios símbolos utilizados para representar estas mesmas feições lineares por si têm dimensões e ocupam espaço na representação.

Se toda feição fosse representada em sua verdadeira posição e escala, este deslocamento não deveria ser necessário. Entretanto, os limites das feições normalmente utilizam uma dimensão infinitesimal; quando este limite é representado como uma linha, tem uma dimensão finita e, portanto ocupa uma

área finita sobre a superfície do mapa. Estes conflitos devem ser resolvidos por (1) deslocamento das feições de suas posições verdadeiras, (2) modificação das feições pela alteração do símbolo ou sua interrupção, ou (3) eliminação das feições do mapa.





Representação em	
Mapa original	Mapa generalizado
Na Escala original	
	
A 50% da Escala	
	

FIGURA 3.24 - Exemplo da aplicação de operador de deslocamento
FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

- (c2) Transformações de Atributos

As *transformações de atributos* manipulam as características secundárias dos elementos, são duas as transformações de atributos: *classificação* e *simbolização*.

Na *classificação* procura-se o agrupamento de objetos em categorias de feições que compartilham atributos idênticos ou similares. Pela impossibilidade de simbolizar e mapear cada valor individual de uma distribuição aplica-se o processo de classificação. A classificação normalmente é utilizada com objetivos específicos, baseando-se no propósito do mapa. A proximidade entre os significados das feições ou a proximidade semântica admite a aplicação da classificação. A classificação automática requer uma base de dados que contenha a representação do conhecimento (BUTTENFIELD e McMASTER, 1991, citados por McMASTER & SHEA, 1992).

A *transformação de simbolização* atua sobre o modo como os tipos de marcas gráficas ou símbolos cartográficos são usados para representar as

feições da base de dados. As decisões tomadas acerca da simbolização são críticas para o mapa uma vez que o resultado final, a visualização, é dependente da simbolização. Para representar as feições do mundo real em um mapa, e dar sentido àquelas representações, a apresentação gráfica das feições é sistematicamente ajustada por meio de mudanças nos elementos gráficos primários, as variáveis visuais: de cor, valor, tamanho, forma, espaçamento, orientação e localização (ROBINSON et al. 1984, citados por McMASTER & SHEA, 1992).

Como um dos elementos do processo de generalização, a *simbolização* implica em dois níveis de transformação: mudança na escala de medida do conjunto de dados original; ou mudança do tipo de dados. Escala de medida é a forma como são organizadas as medidas dos tipos do mundo real: nominal, ordinal, intervalar ou de razão. A consideração de uma medida como pertencente à *escala de medida nominal* indica que as feições são agrupadas em categorias distintas. De acordo com suas semelhanças e diferenças, são agrupadas em classes, mas não é observada nenhuma ordem específica entre classes e reflete somente diferenças qualitativas. Nas *escalas ordinais* as feições são categorizadas e ordenadas. Nas *escalas de intervalo* as feições são classificadas não somente em termos de alguma propriedade, mas também nas diferenças ou intervalos numéricos entre as classes, em termos daquela propriedade, são conhecidas e os valores da escala são definidos em termos de uma origem arbitrária. E nas *escalas de razão* as feições são categorizadas, ordenadas, indicadas numericamente e a escala numérica tem um ponto de origem natural para seus valores a partir da qual as feições podem ser comparadas.

Pelo fato destas escalas de medidas serem inter-relacionadas, a generalização das escalas de medida ocorre segundo a consideração que a medida nominal é a mais genérica e a medida de razão é a mais específica (FIGURA 3.25). As escalas de medida podem ser consideradas como uma hierarquia em termos de quantidade de informação. A medida nominal contém menos informações do que a medida de razão.

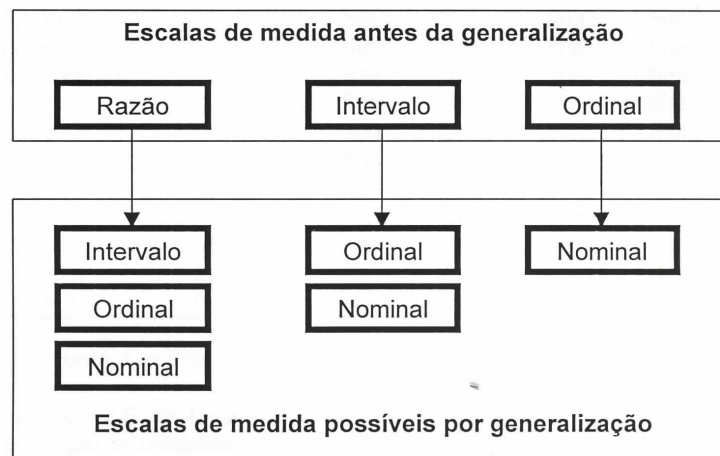


FIGURA 3.25 - Possíveis mudanças de Escala de Medida por meio de Generalização
 FONTE: Adaptado de FIRKOWSKI (2002)

Segundo Muehrcke (1986), citado por McMaster & Shea (1992), a mudança na dimensionalidade entre a feição e sua representação permite ao cartógrafo generalizar feições do mapa visando sua legibilidade. Como os dados existentes em uma base de dados podem estar numa das quatro categorias geométricas básicas (pontual, linear, areal ou volumétrica), as suas representações no mapa podem estar numa das quatro formas simbólicas (ponto, linha, área ou volume). Portanto na generalização por simbolização pode acontecer mudança de escala de medida ou mudança do tipo de dado, ou ambos. Este processo de simbolização acontece durante o projeto cartográfico em que cada um destes dois elementos é avaliado.

McMaster & Shea (1992), apresentam uma tabela em que resumem as características das transformações geométricas e de atributos que está reproduzida na TABELA 3.2 a seguir.

TABELA 3.2 - CARACTERÍSTICAS DAS TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E DE ATRIBUTOS

Transformações Espaciais e de Atributos	Tipo	A	B	C	D	E
Simplificação	L, A, V	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Suavização	L, A, V	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Agregação	P	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Amalgamação ou Fusão	A	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Unificação	L	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Colapso	L, A	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Refinamento	P, L, A, V	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Exagero	L, A	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Realce	L, A	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Deslocamento	P, L, A	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Classificação	P, L, A, V	N/A	N/A	Sim	Sim	Sim
Simbolização	P, L, A, V	N/A	N/A	Sim	Sim	Sim

Tipos: P = ponto, L = linha, A = área, V = volume, N/A = não aplicável.

A = Mudança de Simbologia

B = Preservação da Dimensão

C = Dependência de outros operadores

D = Mudança na Escala de Medida

E = Mudança no tipo de Dado.

FONTE: Adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de Generalização Cartográfica evoluiu de uma fase inicial em que a pesquisa se concentrava no desenvolvimento de algoritmos para uma fase que tem envolvido tentativas de formalização de conhecimento cartográfico através de modelos conceituais abrangentes. Os modelos conceituais de Generalização Cartográfica que foram apresentados neste capítulo, citados por McMaster & Shea, (1992) servem de base à Generalização Cartográfica, porém ainda são muitos os pontos subjetivos para obtenção de regras consistentes que indiquem o que fazer em cada caso específico de mapeamento, (TABELA 3.3). É interessante notar quão atual continua sendo o prognóstico de Robinson (1960), citado por McMaster & Shea (1992), de que a Generalização Cartográfica provavelmente permaneceria como um processo essencialmente criativo, sempre pronto a desafiar a tendência moderna de padronização que parece reduzir a nada mais que um simples produto de avanços meramente técnicos. Neste trabalho se utilizará o Modelo Conceitual de McMaster & Shea, para o processo de Generalização Cartográfica.

TABELA 3.3 – MODELOS CONCEITUAIS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA ABORDADOS POR McMASTER & SHEA, 1992

ANO DE PROPOSIÇÃO	CARACTERÍSTICA DA GENERALIZAÇÃO	CONCEITOS PRINCIPAIS
RATAJSKI (1967)	Quantitativa Qualitativa	Ponto de Generalização
MORRISON (1974)	Teoria dos Conjuntos de Kantor	Classificação Simplificação Simbolização Indução
NICKERSON E FREEMAN (1986)	Generalização Automática Baseada em Regras	Mapa Intermediário (é composto por feições modificadas pelas operações: eliminação, simplificação, combinação e conversão do tipo)
BRASSEL E WEIBEL (1988)	Etapas: Reconhecimento de estrutura Reconhecimento do processo Modelagem do processo Execução do processo Visualização dos dados	Diferença de objetivos entre Generalização Estatística e Generalização Cartográfica
McMASTER & SHEA (1988)	Porque Generalizar? (Objetivos Filosóficos) Quando Generalizar? (Avaliação Cartométrica) Como Generalizar? (Transformações)	Elementos Teóricos Elementos Específicos da Aplicação Elementos Computacionais Condições Geométricas Medidas Espaciais e Holísticas Controles de Transformações Transformações Espaciais Transformações de Atributos

4 CARACTERÍSTICAS DA BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL URBANA NA ESCALA 1:2.000 DO PARANACIDADE

Usualmente, uma base cartográfica, neste trabalho definida como mapas urbanos, é elaborada por uma instituição oficial para servir, como o próprio nome sugere, à inserção de temas ou à construção de novos mapas. No Estado do Paraná, o PARANACIDADE, assim como a Companhia Paranaense de Energia - COPEL e a Companhia de Saneamento do PARANÁ - SANEPAR, têm sido os responsáveis pela especificação e contratação das bases cartográficas das áreas urbanas. No entanto, estas instituições se depararam com a necessidade de usar uma base cartográfica única, como referência, para reduzir esforços de atualização de informações georreferenciadas e, sobretudo, custos. Com este procedimento buscou-se minimizar os problemas de integração (da base de dados) entre as cartas produzidas individualmente, amenizar os problemas de conversão das cartas analógicas para meio digital, e proporcionar a troca de dados cartográficos dada a adoção de uma mesma escala nos mapeamentos.

Com este intuito, o governo do Estado do Paraná instituiu, em 1993, a Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento - CTCG. Esta Câmara Técnica, ao reunir profissionais dos diversos órgãos públicos, ligados direta ou indiretamente à cartografia, recomendou a padronização das especificações técnicas quando da contratação de serviços de produção cartográfica.

Estas definições passaram a permear os processos dos projetos cartográficos dessas instituições e contemplam os seguintes aspectos:

- Identificação dos usuários e propósito do mapa;
- Especificação das características técnicas das bases cartográficas urbanas (escala do voo 1:8.000; escala da restituição aerofotogramétrica 1:2.000; apoio básico com o uso de receptores GPS (Sistema Global de Posicionamento) geodésicos e referenciados à rede de alta precisão do Estado do Paraná; sistema de projeção Universal Transversa de Mercator - UTM;

Sistema Geodésico Brasileiro -SGB: datum horizontal SAD 69 (*South American Datum*)², datum vertical marégrafo de Imbituba em Santa Catarina; e, arquivos digitais nos formatos .dxf e .seq; e,

- Especificação da estrutura dos dados dos arquivos digitais (organizados por categoria, determinação das primitivas gráficas, nível de medida ou escala e variáveis visuais) que é utilizada para representar as convenções nas bases cartográficas urbanas digitais nas escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 - Tabela da CTCG de categorias das feições cartográficas.

O PARANACIDADE tem trabalhado desde 1992 no projeto base cartográfica em meio digital e passou a adotar a Tabela de Categorias de Feições conforme recomendado pela CTCG. Na tabela de categorias das feições da CTCG são definidas classes de feições que representam conjuntos de elementos naturais e artificiais afins. Cada feição possui diversos atributos que definem suas características específicas. Cada feição é representada por ponto, linha ou área (primitivas gráficas) e seus atributos gráficos por cor, hachura, estilo e espessura traço, e tamanho de fonte atribuição de símbolo, para as feições nos arquivos gráficos formam as convenções cartográficas.








Na base cartográfica digital urbana (escala 1:2.000) - mapa básico, do acervo do PARANACIDADE as informações cartográficas mais comumente representadas são curvas de nível (as curvas de nível intermediárias são representadas de metro em metro, e as curvas múltiplas 5m são classificadas de curvas mestras, e sua execução é realizada utilizando o atributo associado ao elemento altitude, no caso, cota), pontos de referência de nível, pontos cotados, pontos intervias arruamento, pontes, viadutos, passarelas, limites de propriedades, limites de bairros, limites municipais e estaduais, alinhamento predial, postes, torres de transmissão e comunicação, rios, lagos, represas, açudes, vegetação de grande e pequeno porte, árvores isoladas,

² Elipsóide de Referência Internacional 1967.

reflorestamento, edificações residenciais, públicas, comerciais, industriais, escolas, hospitais, templos religiosos, entre outras e toponímias em geral.

As feições da base cartográfica digital urbana na escala 1:2.000 são organizadas e armazenadas em arquivos com formato vetorial. A base de dados cartográficos é constituída por arquivos de dados gráficos das feições cartográficas. Tomando por base a tabela de recomendação técnica de padronização da CTCG, aos dados gráficos são associados a atributos gráficos, como código ou número e nome, que identifica de forma individual as categorias, cada uma com suas características próprias. Como por exemplo, observa-se na Tabela 4.1 que no nível 638, estão identificados o aeroporto e heliporto, edificação e toponímia. Para sua correta representação a cor para impressão (plotagem) é preta (PR), o código da cor no arquivo é 15, a espessura do traço é 0,18mm, o código de uso do traço é 1 (traço contínuo) que corresponde - a forma do traço em uma linha contínua, o código do símbolo é 5 (como exemplificado) com tamanho do símbolo: 4,0x4,0mm e o código de uso do texto é 1.

TABELA 4.1 - RECORTE DA TABELA DA CTCG DE CATEGORIAS DE FEIÇÕES CARTOGRÁFICAS NA ESCALA 1:2.000

TABELA DE NÍVEIS		SERVIÇO SOCIAL AUTÔNOMO PARANACIDADE								
CÓDIGOS DE USO										
NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENAL	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SÍMBOLO	FORMA SÍMBOLO	TAMANHO SÍMBOLO	CÓD. USO TEXTO
637	Ferrovias e Toponímias	PR	15	0,18	18		31		0,5 x 2,0	1
638	Aeroportos , Edificações e Toponímias	PR	15	0,18	1		5		4,0 x 4,0	1
	Heliporto, Heliporto e Toponímia	PR	15	0,18	1					1
713	Saúde: Hospital, Posto de Saúde e Clínicas	VO	4	0,25	1		42		1,5 x 1,5	

FONTE: CÂMARA TÉCNICA DA CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO – CTCG












Para identificar e descrever regras e procedimentos, com o propósito de avaliar os mapas derivados na escala 1:5.000, no todo ou em parte, é necessário conhecer os dados e as feições da base de dados cartográficos digitais na escala 1:2.000. Como o processo de armazenamento dos dados gráficos para o mapa básico não foi estruturado para estabelecer suporte para um banco de dados geográficos, torna-se apenas um mapa digital compilado no sistema CAD (*Computed Aided Design*), sem a finalidade de SIG - Sistema de Informações Geográficas. A diferença fundamental entre um sistema CAD e um SIG é que o CAD não incorpora a possibilidade de análises espaciais ou

funções geográficas como uma parte de um SIG, os sistemas CAD são usados na leitura e conversão de dados, assim como na edição e impressão de mapas. A base de dados cartográficos é constituída por um conjunto de arquivos de dados gráficos que compõe as informações geográficas. Os arquivos do sistema CAD da base de dados podem ser retirados e propostos em bibliotecas pelo uso de um código de referência na Tabela de Categorias de Feições, e podem ser acessados e recuperados a qualquer momento quando necessário. Desta forma, proporcionado a recuperação e atualização das informações e têm como ênfase a produção final de mapas.

A seguir descreve-se a estrutura da base de dados das feições cartográficas, no formato da tabela como proposto pela CTCG, que estão representados nas bases cartográficas urbanas digitais na escala 1:2.000 do acervo do PARANACIDADE.

- **Hidrografia** – Categoria que engloba o conjunto das águas correntes ou estáveis, intermitentes ou regulares de uma região, além dos elementos naturais ou artificiais, expostos ou submersos, contidos neste ambiente, **classe de feições:** rios perenes e intermitentes, lagos e lagoas, barragens, alagados e mangues, tanques, valas, drenos e bueiros, conforme TABELA 4.2;

TABELA 4.2 - PARTE DA TABELA DE CONVENÇÕES PARA A CATEGORIA HIDROGRAFIA, NA ESCALA 1:2.000

TABELA DE NÍVEIS			SERVIÇO SOCIAL AUTÔNOMO PARANACIDADE							
CÓDIGOS DE USO										
NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SÍMBOLO	FORMA SÍMBOLO	TAMANHO SÍMBOLO	CÓD. USO TEXTO
560	Rio Perene	AZ	1	0,25	1		35		3,0 x 2,0	
561	Toponímia do Nível 560	AZ	1	0,25						1
562	Barragens e Toponímias	AZ	1	0,25	1					1
	Barragem de Aterro e Toponímia	AZ	1	0,25	26		34		2,0 x 2,0	1
	Barragem de Concreto e Toponímia	AZ	1	0,25	32		47		2,0 x 2,0	1
563	Açudes e Toponímias	AZ	1	0,25	1					1
564	Alagados e Mangues	AZ	1	0,25	0					
565	Poços, Tanques e Toponímias	AZ	1	0,18	1					4
566	Valas e Drenos	AZ	1	0,25	5		15		5,0 x 1,0	

FONTE: CÂMARA TÉCNICA DA CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO – CTCG

- **Saneamento** – Categoria que engloba os elementos espaciais que definirão os projetos e dimensionamento de água e esgoto, estudo para implantação de aterro sanitário; classificados conforme a legislação em vigor; **classe de feições:** pontos de captação de água, reservatórios, estações tratamento de água e esgoto, coletores e interceptores e aterro sanitário;
- **Pontos de Referência** – Categoria que engloba todos os elementos espaciais que são utilizados para materializar de forma dinâmica ou estática posições pontuais no terreno; **classe de feições:** pontos de apoio fundamentais e básicos planialtimétricos;
- **Relevo** – Categoria que engloba os aspectos morfológicos do terreno; **classe de feições:** pontos cotados, pontos intervias, curvas de nível, níveis d'água, conforme a TABELA (4.3);

TABELA 4.3 - PARTE DA TABELA DE CONVENÇÕES PARA A CATEGORIA DE RELEVO, NA ESCALA 1:2.000





TABELA DE NÍVEIS		SERVIÇO SOCIAL AUTÔNOMO PARANACIDADE								
		CÓDIGOS DE USO								
NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SÍMBOLO	FORMA SÍMBOLO	TAMANHO SÍMBOLO	CÓD. USO TEXTO
521	Pontos Cotados	PR	15	0,18			3	○	1,0 x 1,0	1
522	Ptos Intervias / Nível D'água	VO	4	0,18			3	○	1,0 x 1,0	1
530	Curvas de Nível Mestre (5m em 5m)	VO	4	0,25	1	—				
	Curvas de Nível Mestre sobre Edificações	VO	4	0,25	31	— ¹ , ¹ —				
531	Toponímia do Nível 530	VO	4	0,18						1
532	Curvas de Nível Intermediárias (1m em 1m) e Toponímias	PR	15	0,18	1	—				1
	Curvas de Nível Intermediárias sobre Edificações e Toponímias	PR	15	0,18	31	— ¹ , ¹ —				1

FONTE: CÂMARA TÉCNICA DA CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO – CTCG

- **Sistema de Transportes** – Categoria que engloba todas as vias de acesso, obras de arte e edificações que servem de base ou apoio para o deslocamento humano, transporte de recursos econômicos ou estabelecimento temporário ligado a estas atividades; **classe de feições:** rodovias federais, estaduais e municipais; sistema viário urbano; ferrovias, aeroportos e heliportos; portos e ancoradouro; terminais rodoviários;

- **Obras de Engenharia** – Categoria que engloba a base material econômica, social, lazer, cultura e segurança em locais onde estejam sendo realizadas atividades relevantes para o desenvolvimento da região, construída ou mantidas pela iniciativa pública ou privada, que visam atender à sociedade, direta ou indiretamente; **classe de feições:** pontes, viadutos, passarelas, escadarias, monumentos, praças, ginásio de esportes, campos de futebol, delegacias, presídios, hotéis, restaurantes e teatros;
- **Energia Elétrica e Telecomunicações** – Categoria que engloba a implantação e a ampliação de redes de distribuição de energia e telecomunicações; manutenção da rede de distribuição; monitoramento da distribuição de energia; iluminação pública; **classe de feições:** usina de geração de energia, subestações, linhas de transmissão, torres, poste e antenas;
- **Vegetação** – Categoria que engloba as espécies vegetais naturais ou cultivadas, classificadas quanto ao seu porte ou quanto ao seu ciclo produtivo, respectivamente; **classe de feições:** árvores isoladas, vegetação de grande porte, vegetação de baixo porte, culturas e reflorestamento, conforme exemplificado na Tabela 4.4;

TABELA 4.4 - PARTE DA TABELA DE CONVENÇÕES PARA A CATEGORIA DE VEGETAÇÃO, NA ESCALA 1:2.000

TABELA DE NÍVEIS		SERVIÇO SOCIAL AUTÔNOMO PARANACIDADE								
		CÓDIGOS DE USO								
NÍVEL	ENTIDADE	COR DE PLOTAGEM	COR ARQUIVO	ESP. PENA	CÓD. USO TRAÇO	FORMA TRAÇO	CÓD. USO SÍMBOLO	FORMA SÍMBOLO	TAMANHO SÍMBOLO	CÓD. USO TEXTO
611	Árvore Isolada	VE	2	0,18			2	Q	2,0 x 2,0	
612	Vegetação Natural Grande Porte e Toponímia	VE	2	0,18	16 17		16 17		1,0 x 1,0 1,0 x 1,0	1
613	Vegetação Natural Baixo Porte e Toponímia	VE	2	0,18	16 17		16 17		1,0 x 1,0 1,0 x 1,0	1
614	Cultura, Pastagem, Pomar e Toponímia	VE	2	0,18	16 17		16 17		1,0 x 1,0 1,0 x 1,0	1
615	Reflorestamento, Eucalipto e Toponímia	VE	2	0,18	16 17		16 17		1,0 x 1,0 1,0 x 1,0	1

FONTE: CÂMARA TÉCNICA DA CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO - CTCG

- **Geomorfologia** – Categoria que engloba os aspectos geomorfológicos do terreno; **classe de feições:** movimento de terra, afloramento rochoso, pedreiras, erosão, aluviões, minas exploradas e não explorada.

A base de dados cartográfica, originalmente gerada na escala 1:2.000, contém feições que formam a base de dados para elaboração da base cartográfica derivada na escala 1:5.000. Esta última serve como suporte para a geração de mapas temáticos. Para o presente trabalho, o interesse principal é a avaliação das bases cartográficas na escala 1:5.000. Estas bases derivadas, portanto, devem ser submetidas a um processo de generalização cartográfica devido à redução de escala.

Os dados numa base cartográfica derivada devem ser reclassificados, remodelados e implementados em um banco de dados. No processo de derivação, em geral, resulta uma redução do volume de dados o que é relevante, do ponto de vista de custo de armazenamento, manipulação e geração de dados. O número de tipo de feições organizadas e representadas na escala 1:2.000 é de 148 possíveis. Já na escala 1:5.000, este número de feições é reduzido para 109 possíveis tipos de feições.

5 AVALIAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA URBANA DERIVADA NA ESCALA 1:5.000

A experiência no PARANACIDADE tem demonstrado que a escala (intermediária) 1:5.000 é a escala que melhor atende as exigências dos usuários, tendo em vista que a visão global (em uma única folha da cidade) permite a manipulação de uma única base com a qual tem mais familiaridade e prática de uso. É muito importante, então, que o usuário seja instruído e conheça o significado de cada símbolo, de forma a permitir uma interpretação rápida e correta do mapa de interesse.

Neste estudo de caso, será considerada, para avaliação, parte de uma base cartográfica do acervo do PARANACIDADE, impressa em papel, nas escalas 1:2.000 e 1:5.000 (FIGURAS 5.1 e 5.2). Isto possibilita, por meio de sua visualização, avaliar as ações realizadas sobre as feições, ao transformá-las da escala básica para a escala derivada (1:5.000). O interesse em proceder a análise do material impresso em papel, é que esta se limita às representações gráficos-bidimensionais, que mostram a localização das feições no espaço em relação à superfície terrestre. As transformações afetam as feições de forma distinta durante a mudança de escala. Aquelas feições, que não alteram a dimensão espacial, a definição conceitual e os atributos destas feições, sofrem somente a redução de escala (guardadas as proporções e precisão). Já as feições que podem sofrer a mudança do tipo de dado e de escala de medida, logo devem passar por um processo de redimensionamento e de representação (estilo dos traços, espessuras das linhas, tamanhos da fonte dos textos e cores), levando em conta o importante aspecto de sua comunicação e legibilidade.

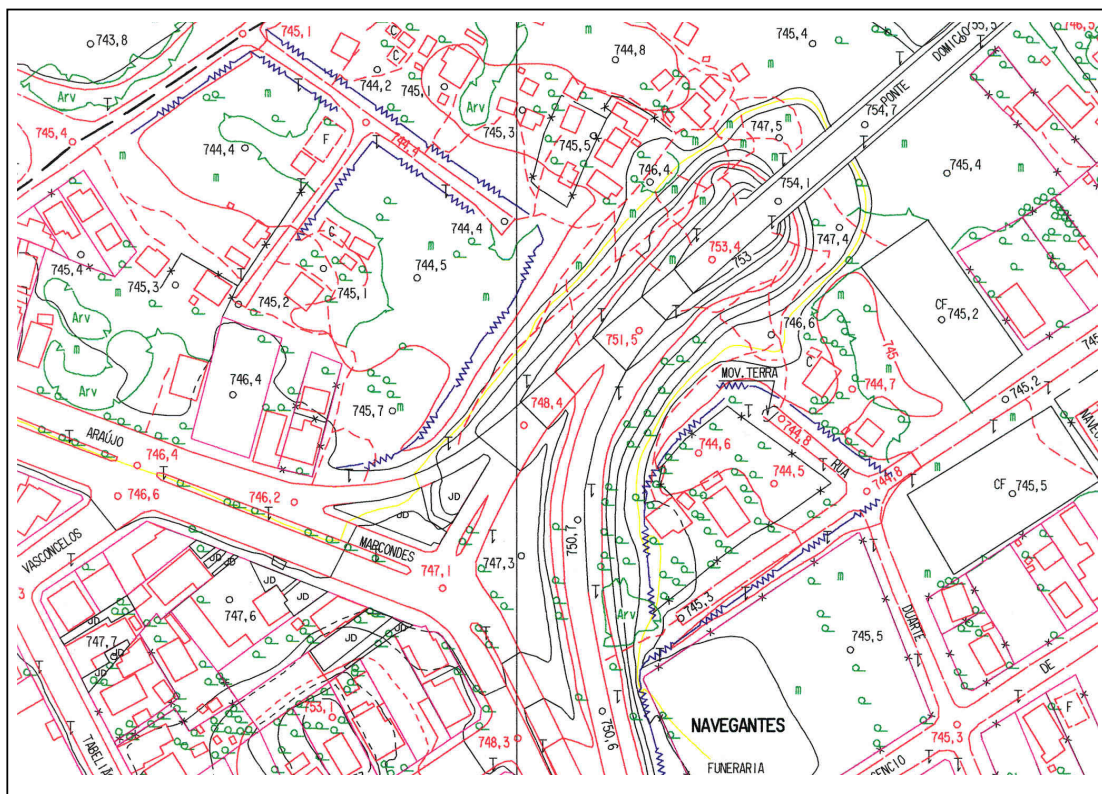


FIGURA 5.1 - Recorte de uma Base Cartográfica na escala 1: 2.000
 FONTE: SEDU/PARANACIDADE

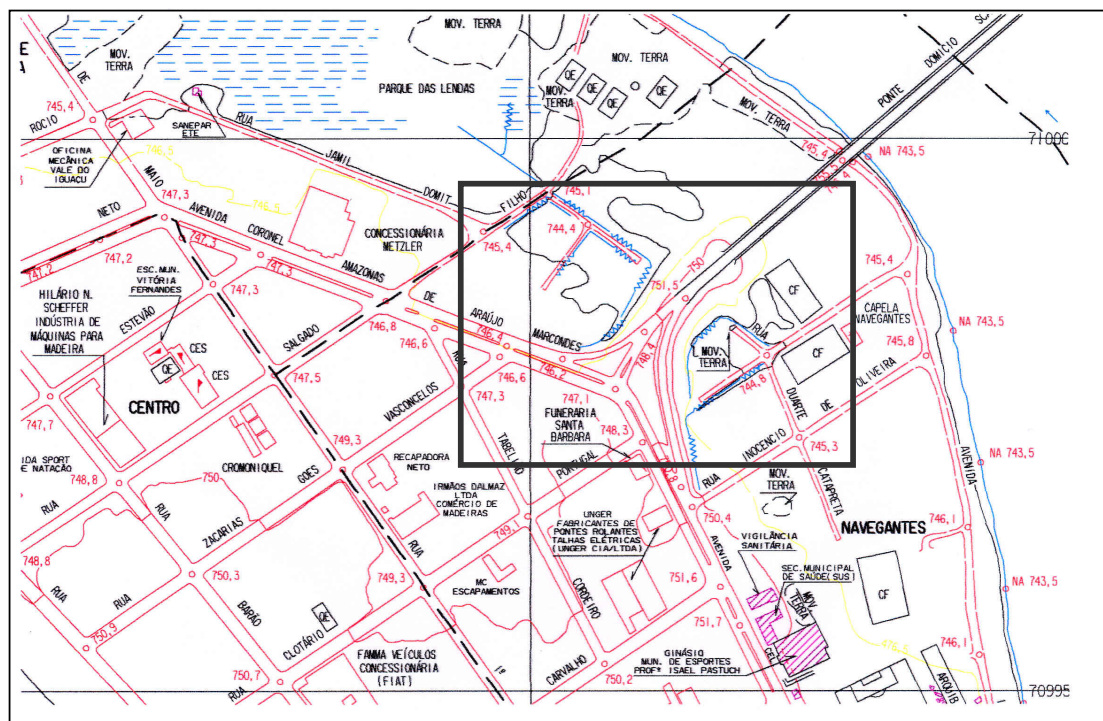


FIGURA 5.2 - Recorte de uma Base Cartográfica na escala 1: 5.000
 FONTE: SEDU/PARANACIDADE

A prática que orienta a derivação de bases cartográficas (derivadas) na escala 1:5.000 adotada no PARANACIDADE segue as especificações da CTCG que elaborou um projeto cartográfico para a base de dados digitais, considerando um arquivo gráfico, por categoria, tanto para a escala 1:2.000 quanto para a escala 1:5.000. Este processo de generalização cartográfica compreende a pré-generalização com a *seleção* (composição do conteúdo), *classificação* (codificação dos dados cartográficos) e *simbolização* (apresentação cartográfica dos dados e informações).

Na generalização digital, o primeiro passo é a aplicação da pré-generalização com a *seleção* de categorias das feições e atributos da base de dados que existirão na nova representação. A composição do conteúdo da base cartográfica na escala 1:5.000 tem como objetivo atender a escala, o propósito do mapa desejado, compor a estética em relação à quantidade de feições representadas na base cartográfica que está sendo produzida. A *seleção* é a exclusão das feições não necessárias à escala que está sendo construída. Esta operação determina quais feições serão representadas no mapa derivado na escala 1:5.000. Como por exemplo, a *seleção (exclusão)* das categorias de edificações residenciais, pontos cotados, limites de lotes, árvores isoladas, vegetação de pequeno porte, postes, entre outras, que não são compatíveis para a escala 1:5.000, devido ao alto grau de complexidade de sua representação, que prejudicam a comunicação devido a redução de escala, estas informações se tornam desorganizadas na aparência.

A operação *classificação* é definida como agrupamento de feições que possuem uma definição geral única. Como exemplo desta operação é possível citar a categoria relevo. Levando em consideração as duas escalas selecionadas para este estudo, somente as curvas de nível mestras são selecionadas da escala original. As curvas de nível que possuem altitudes múltiplas de 5m na escala 1:2.000 permanecem representadas e são reclassificadas como curvas de nível intermediárias na escala 1:5.000, e as múltiplas destas que possuem altitudes de 25m são reclassificadas em curvas

de nível mestra e recebem como atributo o valor da altitude, representada em forma de texto.

A operação de *simbolização*, que é a apresentação cartográfica das feições. Como exemplo as torres de transmissão são simbolizadas com um tamanho de símbolo 3,0 x 3,0mm na escala 1:2.000. Já na escala 1:5.000 as torres de transmissão são representadas com um símbolo de tamanho 1,5 x 1,5mm. São realizadas as operações que proporcionam melhor visualização nos dados cartográficos (orientação, deslocamento e simbolização).

Na produção cartográfica, os processos empíricos incluem o senso estético do cartógrafo. Quando se elabora um mapa derivado a partir de uma base de dados cartográficos digitais básicos, é necessário realizar as etapas de um projeto cartográfico, isto é, planejar o que vai ser executado, em função do propósito do mapa. Algumas rotinas de operações de generalização podem ser padronizadas: a escolha da escala, o sistema de projeção para o qual os dados cartográficos são convertidos, caso necessário e o propósito do mapa para atender o usuário em gestão urbana.

A construção e a interpretação de mapas são atividades de comunicação de fenômenos e fatos do mundo real, tanto natural quanto construído pelo homem. A finalidade neste estudo de caso é avaliar as informações das bases cartográficas derivadas, do ponto de vista de generalização cartográfica, o poder de expressão (comunicação), no que tange a representação de elementos cartográficos. E assim contribuir ao entendimento de representação visuais em cartografia, ocupando-se do potencial do significado das representações cartográficas. Essa abordagem focaliza a interpretação que o usuário de uma base cartográfica pode fazer de seus elementos visuais. É desejável que a aparência visual dos componentes da base cartográfica seja adequada ao uso e ao perfil do usuário.

5.1 AVALIAÇÃO CARTOMÉTRICA

A identificação das condições geométricas, que demandam a realização da generalização, é algumas vezes subjetiva. Requer

conhecimento não presente na base de dados cartográfica, e com isso requer a interferência do cartógrafo. A determinação da informação, que deverá estar presente numa representação cartográfica, ou de uma base de dados, ocorre na fase do projeto cartográfico. A escala de representação é um fator que determina limites em qualquer visualização realizada em sistemas em meio digital ou analógico. Em sistemas computacionais as ferramentas comuns permitem realizar tanto ampliação quanto redução de escala de visualização.

Neste trabalho é avaliado o processo de redução de escala que acarreta as condições geométricas, (FIGURA 5.3), de generalização. Para descrever a avaliação cartométrica nas bases cartográficas na escala 1:5.000, as categorias e as feições foram observadas de acordo com as condições geométricas apresentadas a seguir:

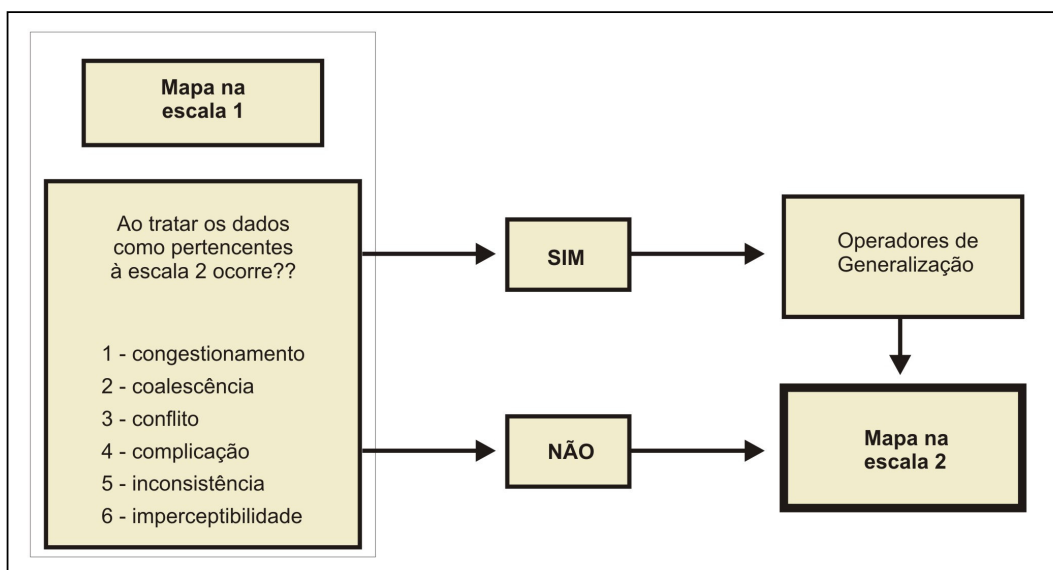


FIGURA 5.3 - Condições Geométricas que demandam Generalização Cartográfica
FONTE: Adaptado de FIRKOWSKI, 2002

A metodologia aplicada nos procedimentos, consiste em identificar as condições geométricas, em parte de uma base cartográfica derivada na escala 1:5.000 do PARANACIDADE, com base no Modelo Conceitual de McMaster & Shea (1992). As áreas selecionadas, que apresentam as condições geométricas, foram ampliadas e demarcadas sobre as mesmas com um círculo, os problemas encontrados. Em seguida, realiza-se a aplicação dos

A feição do tipo hospital é utilizada, por exemplo, para detectar a necessidade de implantação de novos hospitais, para organizar e sinalizar o sistema viário, para dar condições de acesso rápido e condições para estacionamento local, para dimensionar a abrangência de atendimento ao público, entre outras aplicações. O excesso de símbolos pode provocar erro na interpretação da representação. Os pontos intervias são utilizados para planejamento de implantação de galerias pluviais e rede de água e esgoto através da interpretação do valor das cotas representadas, por exemplo.

A solução para a situação deste congestionamento está na aplicação do operador de generalização para realizar a *tipificação* das feições encontradas. Para estes exemplos foi utilizado o operador *tipificação* (FIGURA 5.5). Neste exemplo optou-se pela exclusão de alguns símbolos pontuais, devido a grande densidade de representação, tanto de pontos intervias na rotatória como na edificação de hospital.

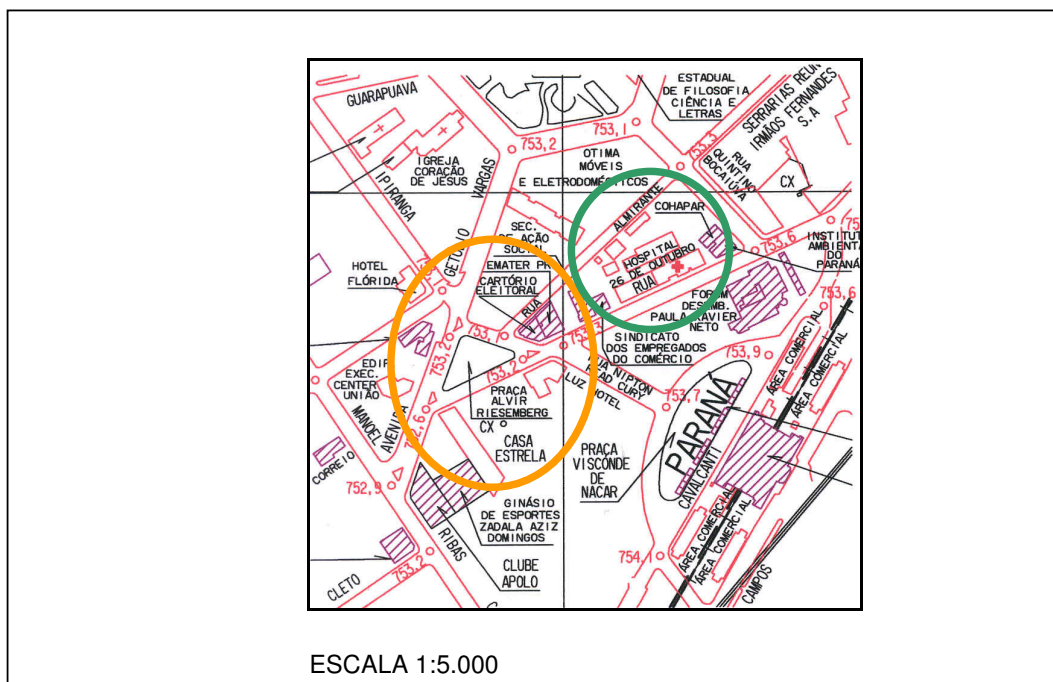


FIGURA 5.5 - Representação sem o efeito do congestionamento

2. A *coalescência*, a existência da coalescência pode ser detectada visualmente ou por meio dos dados, o exemplo apresentado na FIGURA 5.6 ocorre na apresentação de uma ferrovia em que suas várias faixas têm representação numa escala. E numa escala reduzida, a representação das várias faixas provoca aumento de densidade de linhas. Esta representação se faz necessária para estudos de ampliação de linhas férreas e planejamentos futuros de investimentos de infra-estrutura.

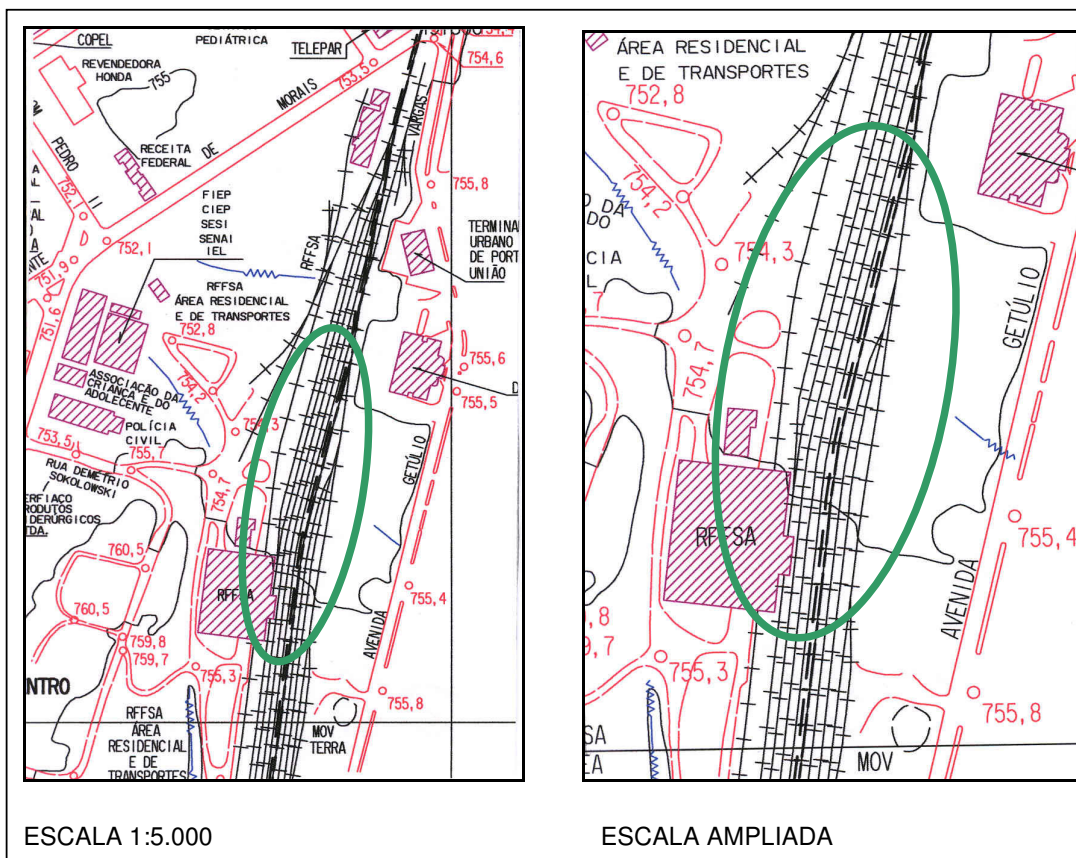


FIGURA 5.6 - Exemplo de coalescência

A solução para a situação de coalescência está na aplicação do operador de *unificação* onde as várias faixas que tem representação numa escala reduzida são agrupadas, realizando assim uma redução no número de linhas, não descaracterizando a sua característica de dimensão, que agrupará feições lineares muito próximas em uma única linha (FIGURA 5.7).

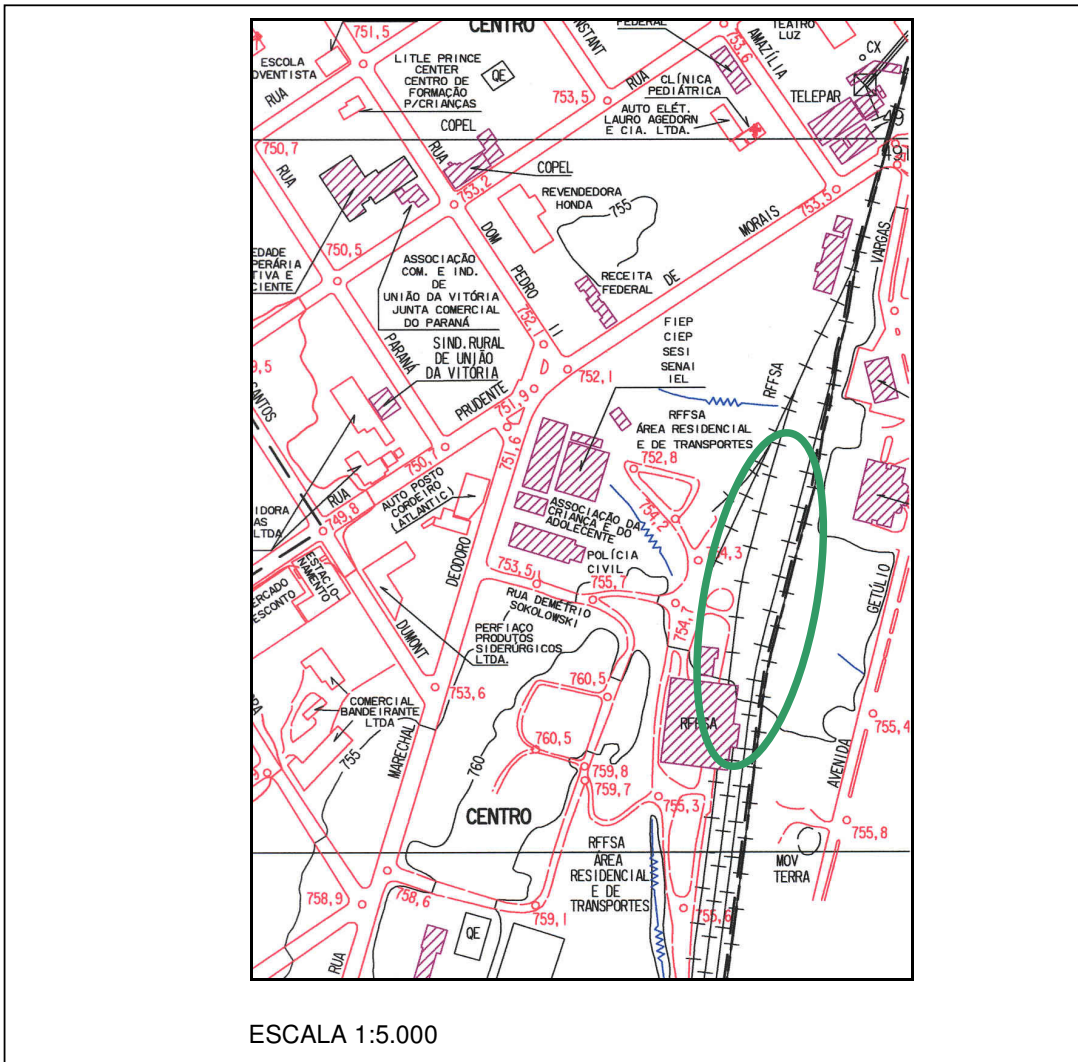


FIGURA 5.7 - Representação sem o efeito da coalescência

3. O *conflito*, no exemplo a seguir, apresenta-se três feições em conflito: a representação de limite entre o Estado do Paraná e o Estado de Santa Catarina se dá sobre a linha férrea, esta superposição de representação provoca dificuldade na interpretação (FIGURA 5.8). Outro exemplo que se apresenta é a duplicação de toponímia para identificar a edificação que está relacionada ao texto "TELEPAR", e o terceiro exemplo se dá com a duplicação de simbologia para representar a edificação de clínica.

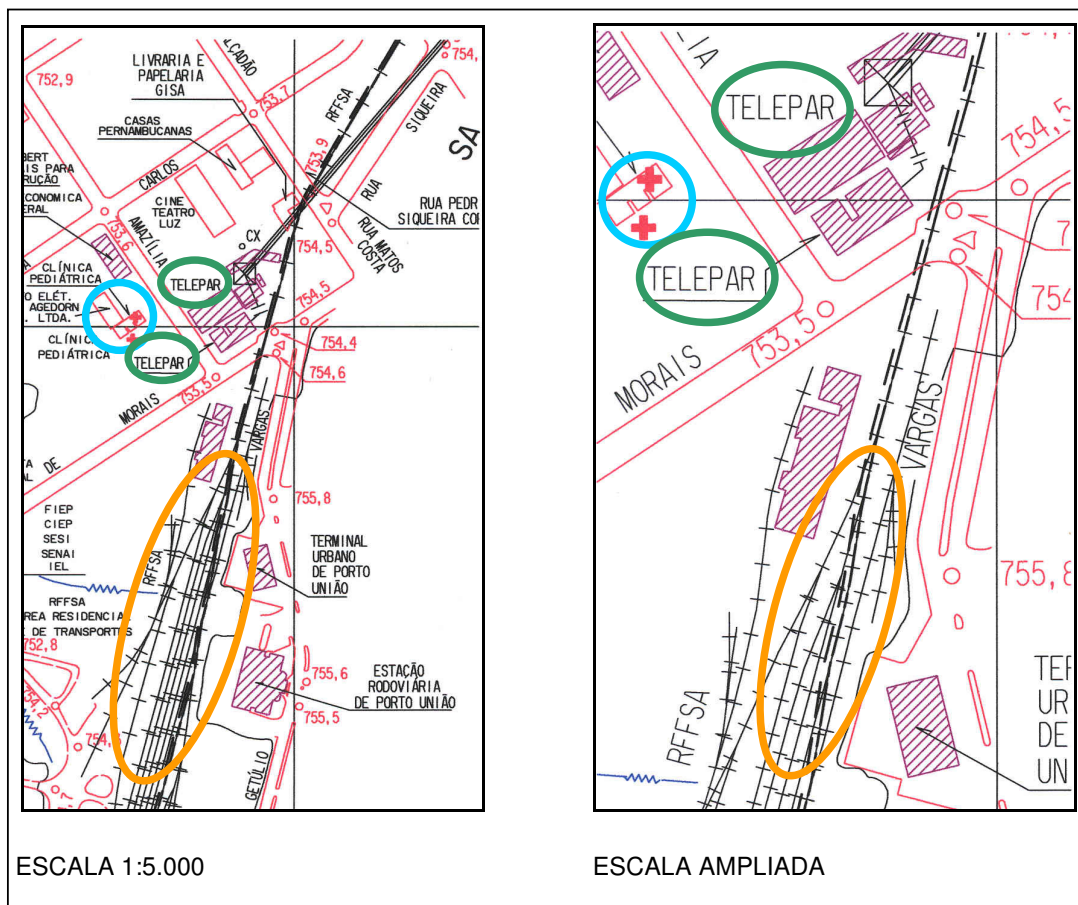


FIGURA 5.8 - Exemplo de conflito

A solução para a situação de *conflito* está na aplicação dos operadores de *deslocamento*, *associação gráfica* e *tipificação* das feições encontradas. A aplicação do operador *deslocamento* consiste na realização intencional de uma mudança na posição da feição, de modo a destacá-la de outra, muito próxima. Para este operador, deve-se criar uma seqüência de prioridades de deslocamento para as feições. A feição de menor importância é deslocada. No exemplo, o deslocamento se dá na linha de limite entre os Estado do Paraná e Santa Catarina, que não está materializada, para destacá-la da linha férrea que se constitui no verdadeiro limite. O exemplo da aplicação do operador de *associação gráfica*, que permite a associação de uma informação textual a uma feição de área através de linha ou código. Este operador é utilizado para manipular a topônimos, neste exemplo, para indicar a edificação “TELEPAR”, deve-se eliminar um dos topônimos para não confundir sua localização. E finalmente a utilização do operador de *tipificação*

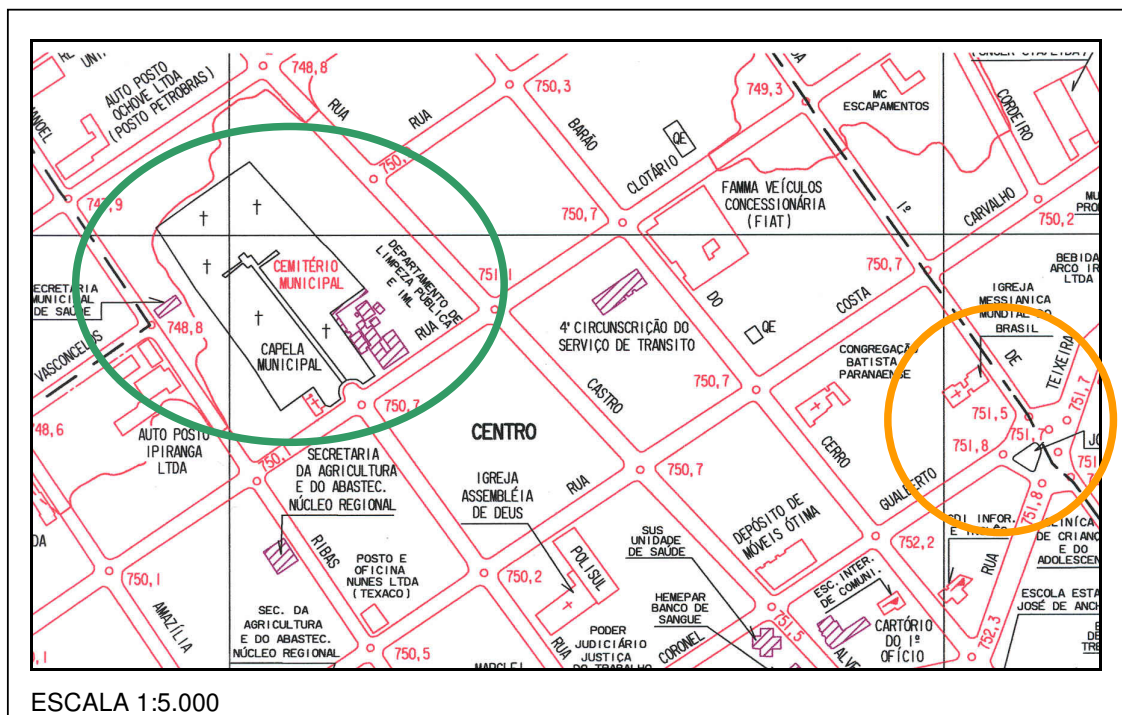


FIGURA 5.10 - Exemplo de complicação ou dificuldade

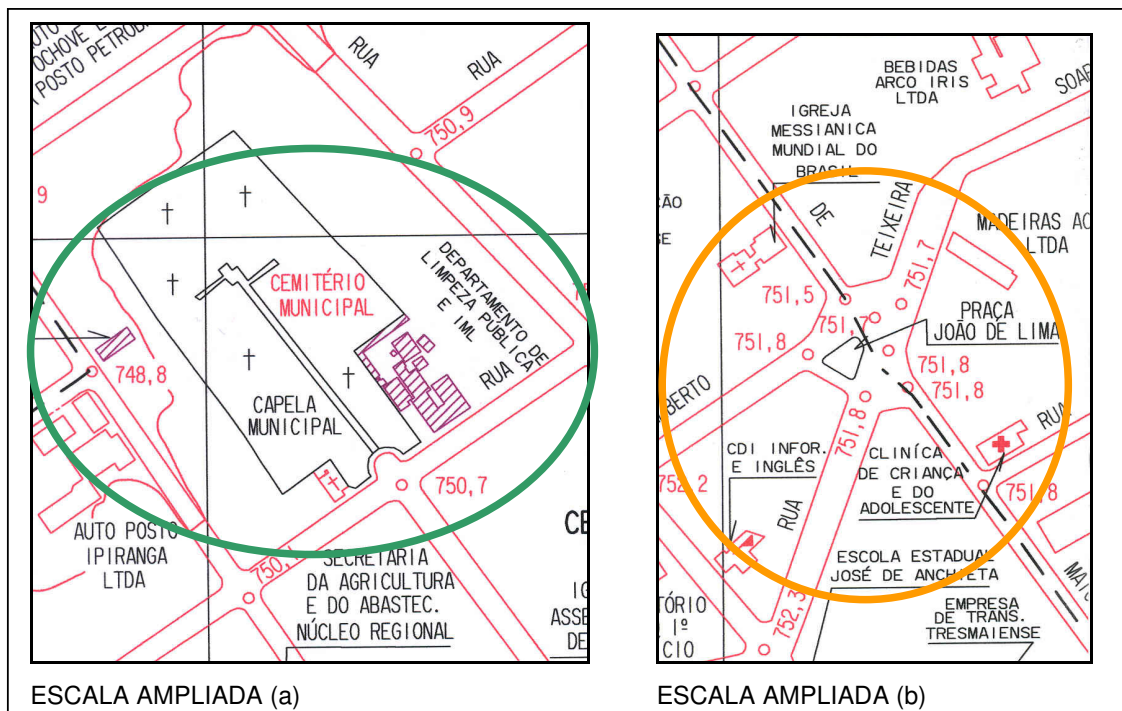


FIGURA 5.11 - Ampliação do exemplo de complicação ou dificuldade

A solução para a situação de *complicação* ou *dificuldade* está na aplicação do operador de *associação gráfica*, que é utilizado para manipular os topônimos das feições indicadas nos exemplos da FIGURA 5.12 (a), e na aplicação do operador de *tipificação* para excluir o excesso de representação dos pontos intervias e também no mesmo exemplo a aplicação do operador de *associação gráfica* para manipular o texto dos pontos intervias para uma posição mais próxima ao símbolo da cota (FIGURA 5.12 (b)).

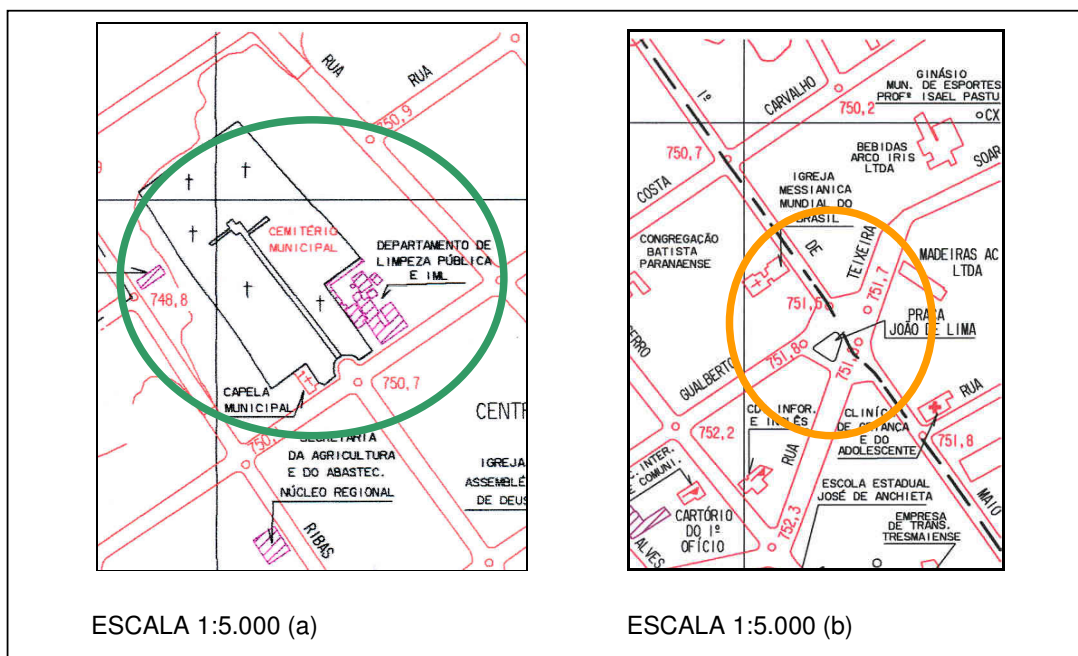
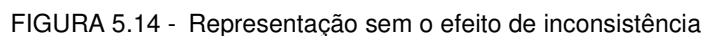


FIGURA 5.12 - Representação sem o efeito de complicação ou dificuldade

5. A *inconsistência*, ocorre no exemplo da FIGURA 5.13, ocorre *inconsistência* quando da apresentação de decisão não uniforme da localização do texto ou do símbolo para representar as feições como, por exemplo: escola e seu símbolo correspondente, neste caso, em uma escola o símbolo está representado com ângulo zero e na outra escola o símbolo está representado com um ângulo diferente da representação anterior; outro exemplo são as feições caixa d'água "CX", que também estão representadas de formas diferentes, em uma feição está representada por um símbolo pontual e em outra feição está representada somente com a indicação do topônimo.

A solução para a situação de *inconsistência* está na aplicação dos operadores de generalização para realizar a *seleção* e a *rotação* das feições encontradas. No exemplo da feição caixa d'água "CX" o problema está relacionado com o operador *seleção* que deve ser aplicado no início dos trabalhos para elaborar o projeto cartográfico, as caixas d'água que estão representadas são todas que são visíveis nas aerofotos, inclusive as residenciais, quando deveriam ser representadas somente as caixas d'água de grande porte como, por exemplo, as caixas d'água da SANEPAR, que estão representadas como reservatórios. Portanto o operador *seleção* neste caso será utilizado para excluir todas as feições "CX", (considerando o mapa como



6. O efeito que se denomina *imperceptibilidade* ocorre no exemplo, da FIGURA 5.15 apresentam-se várias feições como: chaminé “CH” e reservatório “R” que são representadas com um tamanho mínimo imperceptível.

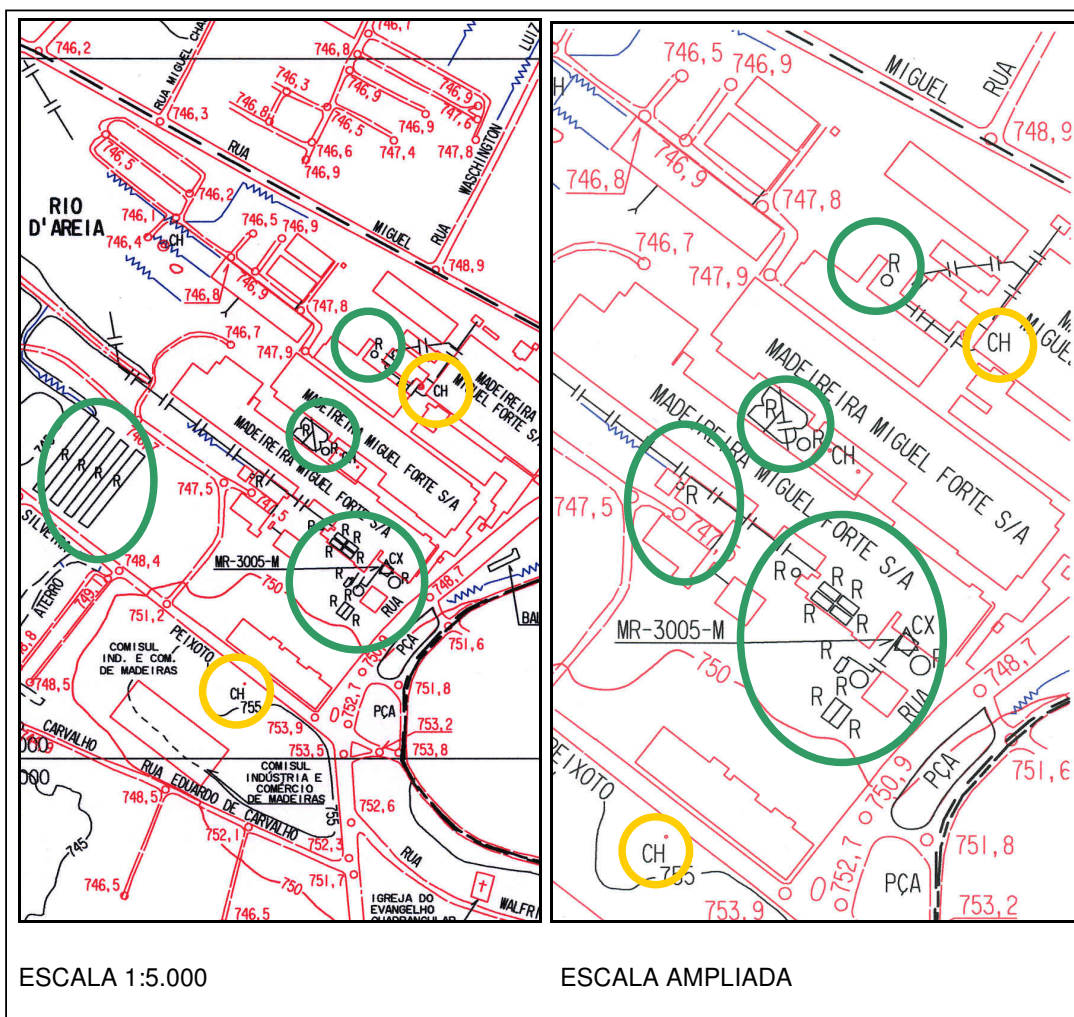


FIGURA 5.15 - Exemplo de imperceptibilidade

A solução para a situação de *imperceptibilidade* está na aplicação dos operadores de generalização para *seleção* e *amalgamação* das feições encontradas. A aplicação do operador de *seleção* se dá com a exclusão das feições que representam as chaminés. E para as feições que representam os reservatórios é utilizado o operador *amalgama*, que permite a união de áreas contíguas com atributos similares em uma área maior que representa a soma dos limites iniciais, para eliminar as fronteiras entre elas. Além disso, este operador permite que haja a conservação das características gerais da região, apesar da redução de escala (FIGURA 5.16).

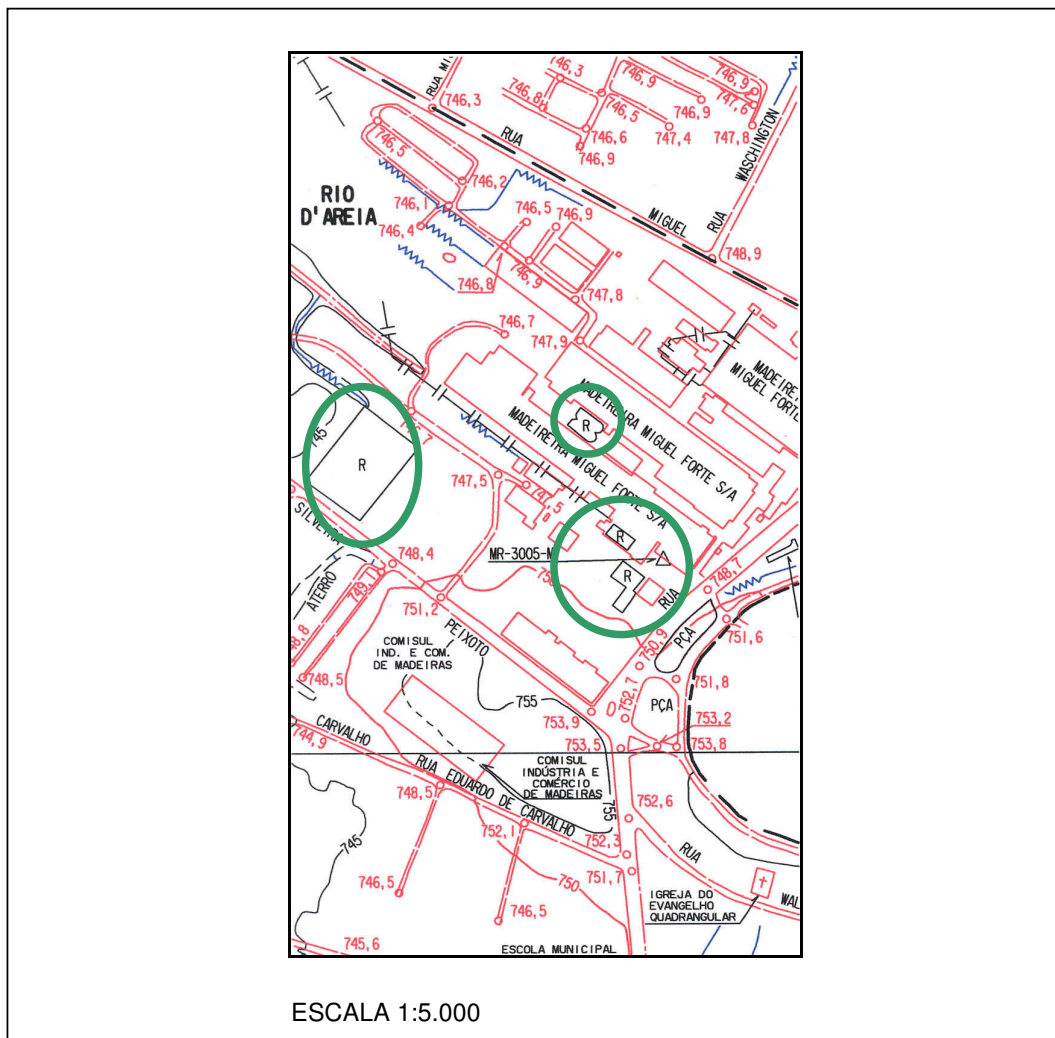


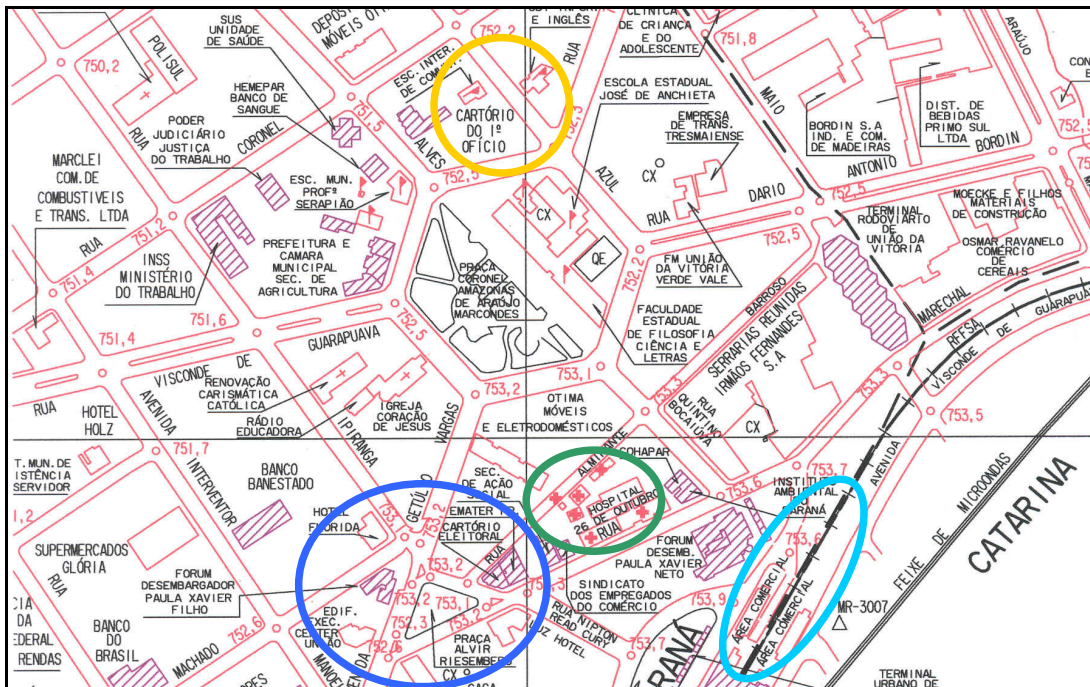
FIGURA 5.16 - Representação sem o efeito de imperceptibilidade

A metodologia aplicada nos experimentos realizados não explora toda a abrangência da avaliação cartométrica - Quando Generalizar? Buscou-se com este trabalho apresentar algumas soluções, sobre as condições geométricas encontradas na base cartográfica derivada na escala 1:5.000 do PARANACIDADE que demandam de generalização cartográfica. As soluções apresentadas atendem ao usuário especialista em gestão urbana, que necessita de uma base cartográfica derivada destinada a atender aos projetos de institucionais e de infra-estrutura. Considerando que um mapa não representa a totalidade dos fenômenos existentes no espaço, e reproduz

apenas alguns deles, o cartógrafo deve levar sempre em conta os propósitos a que se destina o mapa.

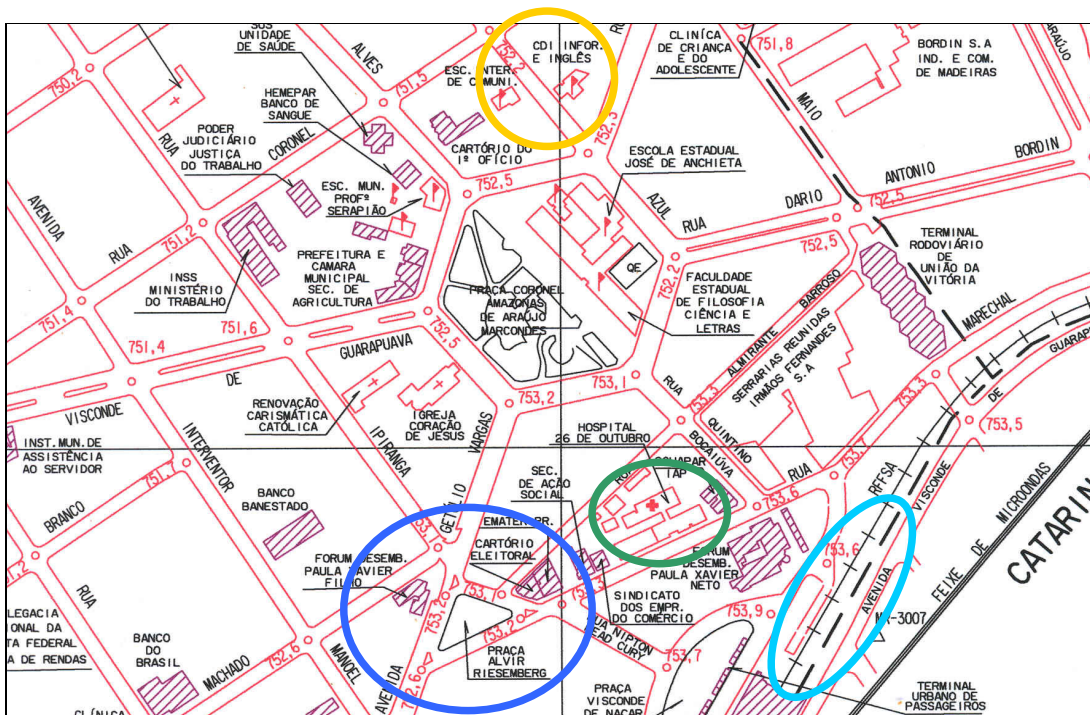
McMaster & Shea (1992) consideram a *seleção* como um estágio de pré-processamento para as transformações geométricas e de semântica. A generalização ocorre depois do processo de *seleção*. Observou-se que apesar de identificar e minimizar as condições geométricas, com a aplicação de operadores de generalização cartográfica apresentou-se ainda a necessidade de realizar novamente o processo de *seleção*, em outras feições que precisavam ser eliminadas, considerando o mapa com um todo.

As feições que foram excluídas neste novo processo de *seleção* são: edificações comerciais e sua toponímia, estas feições são consideradas uma informação temporária. A feição cartográfica que tem aspecto temporário está ligada à questão de qualidade do dado. Como o mapa derivado na escala 1:5.000 tem a finalidade de representar aspectos gerais da área urbana e serve como um fundo de referência para representação de outros temas. As edificações comerciais são feições que sofrem modificações num intervalo de tempo muito pequeno e a dificuldade de gerenciar e manter estas informações atualizadas acabam inviabilizando, que estas feições sejam representadas. Outras feições que foram também excluídas pela aplicação do processo de *seleção* foram as caixas d'água "CX" e as feições que representam as chaminés "CH" nas fábricas. Estas feições foram consideradas informações específicas para um determinado tema e não são adequadas a esta escala, devido a condição geométrica de imperceptibilidade. A seguir será apresentada parte de uma base cartográfica na escala 1:5.000 com a detecção das condições geométricas de generalização e a mesma parte da base cartográfica com o novo processo de *seleção* e com a aplicação de operadores de generalização cartográfica (FIGURAS 5.17 e 5.18).



ESCALA 1:5.000

FIGURA 5.17 - Recorte de uma Base Cartográfica na escala 1:5.000 com a detecção de condições geométricas de generalização



ESCALA 1:5.000

FIGURA 5.18 - Recorte de uma Base Cartográfica na escala 1:5.000 com aplicação de operadores de generalização

Para a gestão urbana é importante a aquisição de uma base cartográfica derivada que englobe toda a área sob gestão, para que o especialista tenha uma visualização clara e legível. Portanto a avaliação deste usuário quanto à definição das informações que devem ser representadas e sobre a base cartográfica derivada é imprescindível, se não atingir a finalidade do mapa e o objetivo do usuário todo o processo de abstração e generalização cartográfica deve ser realizado novamente, até que o mesmo atinja seu objetivo que é a comunicação cartográfica. A definição de QUANDO e COMO realizar o processo é muito subjetivo e depende da experiência de cada profissional envolvido, e de COMO é gerado o mapa mental, ou seja, como o profissional que realiza o processo e o usuário visualiza a realidade. Logo a dificuldade de estabelecer regras para o processo de generalização cartográfica é uma tarefa muito complexa.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A base cartográfica na escala 1:5.000 derivada da escala 1:2.000, pode apresentar um alto grau de complexidade, isto é, quando a escala é reduzida as feições se tornam desorganizadas na aparência, e prejudicam a comunicação cartográfica, a eficiência da comunicação depende da quantidade e da diversidade dos elementos gráficos. Os processos de abstração e generalização estão presentes em todas as etapas do projeto cartográfico, que geram a representação cartográfica. Quando um profissional que executa estas etapas baseadas nas suas próprias experiências, e o mesmo projeto elaborado por outros profissionais, terão resultados diferentes, pois cada profissional gera um mapa mental diferente.

Com base nos experimentos realizados ficou demonstrado que embora na literatura, exista a preocupação com a conceituação e com formalização do processo de generalização, não há padronização entre os autores pesquisados. A dificuldade da implantação do processo de generalização, esta na falta de regras claras e específicas tanto para a elaboração do mapeamento na escala básica urbana na escala 1:2.000, quanto para a derivação deste mesmo mapa para a escala 1:5.000.

Neste trabalho tem-se como objetivo principal avaliar as informações cartográficas, que estão representadas nos produtos derivados existentes na escala 1:5.000 do PARANACIDADE. Assim como, a avaliação das condições cartométricas - QUANDO generalizar é uma análise subjetiva, constata-se que a subjetividade também está envolvida no processo de identificação das condições geométricas. O mesmo ocorre com a aplicação dos operadores de generalização. Para adequar as feições à nova escala é necessário um amplo conhecimento relativo ao processo de generalização cartográfica. Parte destes problemas encontrados nas bases cartográficas, obtidas por derivação dos dados produzidos originalmente para a escala 1:2.000 foram tratados com o processo de generalização cartográfica manual em meio digital, aplicando os conceitos de operadores de generalização cartográfica.

Na avaliação cartométrica foram identificadas somente as condições geométricas e realizada a aplicação de operadores de generalização para transformação dos elementos espaciais e seus atributos. Foi também realizada uma nova aplicação do processo de seleção, para eliminar a representação de algumas feições desnecessárias para a escala 1:5.000. Estas ações realizadas na base cartográfica derivada contribuíram para tornar o produto derivado consistente com a sua escala final e para manter a eficiência da comunicação cartográfica de um produto cartográfico derivado. O processo de generalização cartográfica é inerente ao processo de representação cartográfica, pois dele dependerá a simplicidade, clareza e objetividade do mapa.

Neste trabalho, a avaliação cartométrica que pode indicar a necessidade de **Quando** realizar a generalização nas bases cartográficas derivadas na escala 1:5.000 se resumiu à identificação das condições geométricas e a aplicação de operadores de generalização.

Recomenda-se que os trabalhos que venham a seguir esta linha de abordagem de generalização em bases cartográficas pela aplicação do Modelo Conceitual de McMaster & Shea (1992), considerem:

- Realizar a *avaliação cartométrica* para a base cartográfica digital na escala 1:2.000;
- Considerar para avaliação cartométrica as *medidas espaciais e holísticas*, para as bases cartográficas derivadas na escala 1:5.000;
- Realizar um estudo sobre o *controle de transformações*, que surge com a necessidade de criticar os operadores utilizados no processo de generalização cartográfica, para bases derivadas na escala 1:5.000.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACHUT, T.J. et al. **Urban Surveying and Mapping**. Springer - Verlag, New York, 1979.

Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento - CTCG. **Recomendação Técnica CTCG - 001/96 Padronização das Escalas Utilizadas em Trabalhos Cartográficos**. Curitiba, 1996.

D'ALGE, J.C.L. & GOODCHILD, M.F. **Generalização Cartográfica, Representação do Conhecimento GIS**. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 1996, Salvador, Brasil.

DENT, B.D. **Principles of Thematic Map Design**. Reading, Massachusetts, Estados Unidos: Addison-Wesley, 1985. 387p.

DSG, DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Manual de Convenções Cartográficas – T34 700, 1ª e 2ª partes**. Brasília, 2000.

FIRKOWSKI, H. **Generalização Cartográfica de Grades Retangulares Regulares Baseada na Teoria Matemática da Comunicação**. Curitiba, 2002. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná.

ISSMAEL, Q.L.S. **Generalização Cartográfica: Determinação de Operadores e de Escalas Catastróficas**. Rio de Janeiro, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - Departamento de Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia.

JOÃO, E.M. **Causes and Consequences of Map Generalization**. 1. ed. Great Britain: Department of Geography and Environment, Taylor and Francis, London School of Economics, 1998, 266p.

KEATES, J.S. **Cartographic Design and Production**. 2. ed. Essex: Logman Scientific & Technical, New York, 1989.

McMASTER, R.B. Conceptual Frameworks for Geographical Knowledge In: BUTTENFIELD, B.P.; McMASTER, R.B. **Map Generalization**. Avon: Logman Scientific & Technical, 1991.

McMASTER, R.B.; SHEA, K.S. **Generalization in Digital Cartography**. 1.ed. Washington: Association of American Geographers, 1992. 133p.

MONMONIER, M. **How to lie with maps**. 1.ed. Chicago: The University of Chicago, 1991. 176p.

MUEHRCKE, P.C.; MUEHRCKE, J.O. **Map Use: Reading, Analysis and Interpretation**. 3.ed. Madison: University of Wisconsin, JP Publications, 1992. 631p.

MULLER, J.C. **Theoretical Considerations for Automated Map Generalization**. ITC Journal, vol.3, n.4, 1989.

MULLER, J.C. et al. **Gis and Generalization: Methodology and Practice**. London: Taylor & Francis, 1995.

PANTALEÃO, E. **Aplicação de Técnicas de Sistemas baseados em Conhecimento em Projeto Cartográfico Temático**. Curitiba, 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná.

PETERSON, M.P. **Interactive and Animated Cartography**. Englewood Cliffs. Nova Jersey: Prentice Hall, 1995.

ROBINSON, A.H. et al. **Elements of Cartography**. 5.ed. New York: John Wiley & Sons, New York, 1984.

SIMIELLI, M.E.R. **A Leitura e a Avaliação do Mapa no Processo de Comunicação Cartográfica**. Anais do XII Congresso de Cartografia, 1985.

SLOCUM, T.A. **Thematic Cartography and Visualization**. Estados Unidos: Prentice-Hall, 1999.

SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY. **Cartographic Generalization**, Cartographic Publication Series n. 2, 1979. 61p.

VIANNA, C.R.F. **Generalização Cartográfica em Ambiente Digital Escala 1:250. 000 a partir de Dados Cartográficos Digitais na Escala 1:50.000**. Rio de Janeiro, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - Departamento de Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia.